

UNIVERZITA KARLOVA

Přírodovědecká fakulta

Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie

Studijní program: Geografie (bakalářské studium)

Studijní obor: Geografie a kartografie



David Černický

**HODNOCENÍ DOSTUPNOSTI ZDRAVOTNÍ PÉČE
V ČESKU NA PŘÍKLADU KARDIOLOGIE**

**EVALUATION OF ACCESSIBILITY OF THE HEALTH CARE IN
CZECHIA ON THE EXAMPLE OF CARDIOLOGY**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Přemysl Štych, Ph.D.

Praha 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 5. 5. 2018

.....

David Černický

Děkuji svému vedoucímu práce panu RNDr. Přemyslu Štychovi, Ph. D. za trpělivou pomoc při psaní této bakalářské práce a za užitečné odborné připomínky. Rovněž bych také chtěl poděkovat panu RNDr. Luděkovi Šídlvi, Ph. D. za pomoc při shánění nezbytných dat, své rodině za neutuchající podporu a půjčení automobilu a v neposlední řadě bych rád také poděkoval své přítelkyni, přátelům a studentskému přírodovědnému klubu Mrtvá Ryba, kteří mi pomáhali ve chvílích nejtěžších a poskytli mi důležitý odpočinek a odreagování od práce.

Abstrakt

Tato práce se zabývá hodnocením časové dostupnosti individuální automobilovou dopravou. Dle nařízení vlády musí být časová dostupnost u kardiologické ambulantní péče do 60 minut. První část práce se věnuje teorii grafů, především v kontextu fungování síťové analýzy, dále také dostupností a její technické stránce. Druhá část se zabývá úpravou dat a řeší stanovení průměrné rychlosti na českých silnicích, která vycházela, jak z odborné literatury, tak i z vlastního zkoumání a testování.

V praktické části je popsán postup tvorby Network Datasetu a tvorba areálu obslužnosti. Výstupem je sada map vyznačující regiony v Česku, které mají nedostatečnou dostupnost ke kardiologické ambulantní péči. Vyznačeny byly i regiony, kterým hrozí, že zdravotní péče se pro ně rovněž stane nedostupnou, pokud odejdou do důchodu lékaři, kteří jsou v současné době v důchodovém věku.

Diskuze se věnuje relevantnosti výsledků a jejich využitelnosti. V závěru jsou shrnuty výsledky.

Klíčová slova:

Síťová analýza, dostupnost, zdravotní péče, GIS, silniční síť, průměrná rychlost

Abstract

This thesis deals with evaluation of time accessibility by individual car transport. Due to government regulations the time to access the cardiology ambulant care has to be 60 minutes. The first part of thesis pursues on graph theory, especially in context of network analysis and also accessibility and its technical aspect. Second part deals with data editing and solves average speeds on Czech roads, which is based on professional literature and on own research and testing.

In a practical part, there is a described process of creating the Network Dataset and creation of Service Area. Output of these tools is set of maps highlighting regions of Czechia, which have lack of access to cardiology ambulant care. There were also highlighted regions, which are threatened by future lack of access to cardiology ambulant care, when doctor who are above 65 years old, will end their work activities.

Discussion is focused of relevancy of results and its usability. In conclusion the results are summarized.

Key words:

Network analysis, accessibility, health care, GIS, road network, average speed

Obsah

Seznam obrázků	6
Seznam tabulek	7
Seznam příloh	7
Seznam zkratk	8
1. Úvod a cíle	9
1.1. Cíle bakalářské práce	9
2. Odborná řešení	10
2.1. Dostupnost	10
2.1.1. Metodická stránka dostupnosti	12
2.2. Teorie grafů a síťová analýza	13
2.3. Graf	13
2.4. Grafové algoritmy	15
2.4.1. Prohledávání grafu do šířky	15
2.4.2. Prohledávání grafu do hloubky	15
2.4.3. Dijkstrův algoritmus	16
2.5. Reprezentace grafů v počítači	17
2.5.1. Seznam hran	18
2.5.2. Matice sousednosti	18
2.5.3. Matice incidence	19
2.5.4. Seznam sousedů	19
2.6. Legislativní předpis pro dostupnost lékařské péče	20
3. Využitá data	21
3.1. Použitá data	21
3.2. Silniční síť	21
3.2.1. Třída silnice	22
3.2.2. Intravilán vs. extravilán	22
3.2.3. Průměrná rychlost	23
3.2.4. Jednosměrky	27
3.2.5. Kontrola topologie	27
3.3. Data VZP	28
4. Metodika	30
4.1. Použitý software	30
4.2. Hodnocení dostupnosti	30
4.3. Network dataset	30
4.4. Areál obslužnosti	33
4.5. Testování variant průjezdných rychlostí	35
4.6. ArcGIS Online	36

5.	Výsledky	37
6.	Diskuse.....	39
6.1.	Validace průjezdních rychlostí	39
6.1.1.	Validace průjezdních rychlostí v intravilánu.....	39
6.1.2.	Zhodnocení výsledků tras v intravilánu	41
6.1.3.	Validace průjezdních rychlostí v extravilánu	41
6.2.	Přezkum průjezdních rychlostí	43
6.3.	Síťová analýza	43
7.	Závěr.....	44
8.	Literatura a zdroje dat	46
8.1.	Literatura.....	46
8.2.	Internetové zdroje	48
8.3.	Zdroje dat	48
9.	Přílohy	49

Seznam obrázků

Obr. č. 1: Izorchorny a radiální anamorfóza.....	12
Obr. č. 2: Eulerovský orientovaný graf – Domeček	13
Obr. č. 3: Příklad grafu	14
Obr. č. 4: Prohledávání grafu do šířky.....	15
Obr. č. 5: Prohledávání grafu do hloubky.....	16
Obr. č. 6: Příklad Dijkstrova algoritmu	17
Obr. č. 7: Graf G.....	17
Obr. č. 8: Graf H.....	17
Obr. č. 9: Aktualizované úseky silniční sítě OSM.....	22
Obr. č. 10: Faktory ovlivňující průměrnou rychlost na silnicích.....	23
Obr. č. 11: Nastavení jednosměrnosti.....	32
Obr. č. 12: Nastavení Travel modelu.....	32
Obr. č. 13: Ověření funkčnosti jednosměrek	33
Obr. č. 14: Podíl obyvatel a území v dostupnostních zónách	35
Obr. č. 15: Počet obyvatel ohrožených zhoršenou dostupností zdravotní péče v přepočtu na kraje	37
Obr. č. 16: Výsledek výpočtu trasy v programu ArcGIS.....	39
Obr. č. 17: Výsledek výpočtu trasy za pomoci serveru Mapy.cz	40
Obr. č. 18: Výsledek výpočtu trasy za pomoci serveru maps.google.com	42
Obr. č. 19: Výsledek výpočtu trasy za pomoci serveru Mapy.cz	42

Seznam tabulek

Tab. č. 1: Dojezdová doba vyjadřující místní dostupnost hrazených služeb podle skupin oborů poskytující ambulantní péči	20
Tab. č. 2: Výsledek route planneru pro ulice	25
Tab. č. 3: Průměrné rychlosti na určitých typech silnic	26
Tab. č. 4: Modely rozdělení výskytu lékařů na pracovištích	28
Tab. č. 5: Výsledky analýzy pro jednotlivé varianty	37
Tab. č. 6: Výsledky měření v intravilánu	41
Tab. č. 7: Výsledky měření v extravilánu	42

Seznam příloh

Příloha č. 1: Příloha č. 1 k nařízení vlády č. 307/2012 Sb.	49
Příloha č. 2: Měření průměrných rychlostí na silničních sjezdech	50
Příloha č. 3: Varianta V1 - Dostupnost zdravotní péče v roce 2018 při započítání všech pracovišť - obor Kardiologie	51
Příloha č. 4: Varianta V2 - Dostupnost zdravotní péče v roce 2018 při započítání všech pracovišť bez lékařů na 65 let - obor Kardiologie	52
Příloha č. 5: Varianta V3 - Dostupnost zdravotní péče v roce 2018 při započítání hlavních pracovišť - obor Kardiologie	53
Příloha č. 6: Varianta V4 - Dostupnost zdravotní péče v roce 2018 při započítání hlavních pracovišť bez lékařů na 65 let - obor Kardiologie	54
Příloha č. 7: Dostupnost zdravotní péče při změně průjezdních rychlostí v Jihočeském kraji - Varianta V1 a V2	55
Příloha č. 8: Dostupnost zdravotní péče při změně průjezdních rychlostí v Jihočeském kraji - Varianta V3 a V4	56
Příloha č. 9: Vytížení kardiologických ordinací - Varianta V1	57
Příloha č. 10: Vytížení kardiologických ordinací - Varianta V4	58
Příloha č. 11: Python script pro automatizaci tvorby	59

Seznam zkratek

CEDA – Central European Data Agency

ČÚZK – Český úřad zeměměřický a katastrální

DFS – Depth first search

GIS – Geografický informační systém

GPS – Global Positioning System

IČP – Identifikační číslo provozovny

IČZ – Identifikační číslo zařízení

OSM – Open Street Mapy

PZP – Primární zdravotní péče

RÚIAN – Registr územní identifikace nemovitostí

ŘSD – Ředitelství silnic a dálnic

S-JTSK – Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální

SE2SFCA – Seoul Enhanced 2-Step Floating Catchment Area

TAČR – Technologická agentura České Republiky

VZP ČR – Veřejná zdravotní pojišťovna České Republiky

ZABAGED – Základní báze geografických dat

1. Úvod a cíle

Nejčastější příčinou úmrtí v Česku jsou onemocnění oběhové soustavy, ročně na tato onemocnění zemře téměř 48 000 lidí (ÚZIS 2017). Prevence by mohla vysoké úmrtnosti předejít. Jen zlomek lidí však navštěvuje lékařská zařízení pravidelně. Jedním z faktorů, který může lidi odrazovat od pravidelných návštěv lékaře, je dostupnost zdravotní péče.

Tato bakalářská práce se zabývá modelací dopravní dostupnosti pro projekt „Analýza čerpání a poskytování vybraných zdravotních ambulantních služeb v Česku v závislosti na geodemografických charakteristikách pacientů i poskytovatelů“, jehož řešitelem je dr. Luděk Šídlo (Šídlo et al. 2017a). Zadavatelem tohoto projektu je TAČR Éta (č. TL01000382). *„Hlavním cílem projektu je analýza demografických a regionálních rozdílů v čerpání a poskytování ambulantních zdravotních služeb v péči o diabetologické, kardiologické a psychiatrické pacienty, ... včetně tvorby odhadů budoucího počtu a struktury pacientů i poskytovatelů zdravotních služeb (PZS).“* (Šídlo et al. 2018).

1.1. Cíle bakalářské práce

Hlavním cílem bakalářské práce je analýza dostupnosti kardiologických ambulantních zařízení. Tato analýza slouží jako podklad pro zjištění dopravní dostupnosti individuální automobilovou dopravou, která dle nařízení vlády číslo 307/2012 sbírky ze dne 29. srpna 2012 o místní a časové dostupnosti zdravotních služeb musí být u kardiologické ambulantní péče do 60 minut. Analýza je zpracována v prostředí ArcGIS pomocí nástroje zvaný *Network Analyst*.

Hlavním výstupem práce jsou mapy, které znázorňují situaci dostupnosti v několika různých variantách. Tyto varianty se liší v typech ordinací, jejichž počet se v čase mění. První variantou je současný stav, druhá se zaměřuje na lékaře, kteří jsou již důchodovém věku a je zde určitá pravděpodobnost, že brzy ukončí svou činnost. Obě tyto varianty mají ještě své „podvarianty“, kde se rozlišují ordinace podle hlavního a vedlejšího pracoviště.

Výstupem je diskuse a testování nastavení silniční sítě a definování průměrných průjezdních rychlostí. Dalším cílem bakalářské práce je publikace výstupů práce pomocí webových mapových služeb, které slouží k otevřenému prohlížení dat. V závěru této práce je provedeno celkové zhodnocení dostupností kardiologické zdravotní péče v Česku. Hodnocení se opírá o vytvořené mapy a popisuje i prognostický výhled do blízké budoucnosti.

Dílčím cílem bakalářské práce je tvorba sítě s pokud možno, co nejpresněji nastavenými hodnotami průjezdních rychlostí za pomoci odborné literatury. Rychlosti jsou validovány pomocí route plannerů a také terénnímu šetření.

2. Odborná rešerše

Pro účely této práce jsou stěžejní především aktualizovaná a dobře nastavená silniční síť Česka, umístění kardiologických ordinací, počítačový software, který dokáže s těmito daty efektivně pracovat a legislativní předpisy, které jsou prověřovány z hlediska kompetence. Geoinformační systémy a síťová analýza, na které bylo napsáno velké množství českých i zahraničních článků, pomohou analýzu dostupnosti provést.

2.1.Dostupnost

Význam slova dostupnost se postupem času měnil a vyvíjel. S příchodem prvních dopravních prostředků od koňů a velbloudů, přes lodě, vlaky až k dnešní individuální automobilové dopravě, se dostupnost, chcete-li akcesibilita, člověka výrazně měnila. Svět se vlivem lepších a dokonalejších dopravních prostředků „zmenšoval“. Vzdálenost, která v minulosti hrála nejvýznamnější roli při přepravě, ustoupila do pozadí. Moderní člověk už umí překonávat velké vzdálenost velkou rychlostí, například letecky. Proto se dnes už se častěji ptáme „*Jak dlouho?*“ nikoliv „*Jak daleko?*“.

Dostupnost je ovlivňována geografickou polohou a je jedním z nejvýznamnějších faktorů ovlivňující geografickou organizaci společnosti (Hudeček 2010). Knowles (1993) vytvořil 10 otázek, týkající se geografie dopravy určených pro 21. století. Jedna z otázek se týká zvětšujícího se rozdílu mobility mezi chudými a bohatými. Dále se také věnuje dopravním potížím ve městech (kongescím). Individuální automobilová doprava má spoustu negativ a pozitiv. Mezi negativa lze zařadit již zmíněné kongesce, negativní vliv na životní prostředí, mnohdy i hluk. K pozitivům lze zařadit velmi dobrou dostupnost obyvatel. Doposud individuální osobní doprava nejvíce zvýšila dostupnost a mobilitu lidstva (Hoyle, Knowles 2001, cit. v Hudeček 2010). V 19. století, kdy se začala města propojovat železnicí, se města, která byla na železniční síť napojena, začala rozvíjet jak populačně, tak významově.

Hodnocení dostupnosti zdravotní péče se v Rumunsku věnovala Ursulica (2016). Zkoumala vztah mezi dostupností zdravotní péče a potřebou lidí jí využívat. Výzkum prováděla v župě Botosani. Za využití GIS softwaru provedla analýzu dostupnosti pro celé území župy. Zjistila, že v župě Botosani je poptávka po zdravotní péči vyšší tam, kde její dostupnost je horší. V oblastech, kde zdravotní péče je dostupná lépe, je po ní poptávky nižší (Ursulica 2016).

Problému dostupností zdravotní péče se věnovali i v Mosambiku, kde zkoumali dostupnost pro individuální automobilovou dopravu a pro pěší. Jako kritickou hranici si stanovili stejný interval 60 minut. Rovněž zkoumali, kolik lidí spadá pod jedno zdravotní zařízení (Dos Anjos Luis, Cabral 2016). Zjistili, že na 90,2 % území Mosambiku se pěší

dostupnost nachází na hranici 60 minut. Pro individuální automobilovou dopravu je to pouze 6 % území.

Pro Jihokorejský Soul byl vytvořena metoda na míru přímo pro toto město pod zkratkou SE2SFCA (Kim, Byon, Yeo 2018). Využívá metodu „*two-step floating catchment area*“, která kombinuje související data do podoby smysluplného indexu, který následně umožňuje provádět srovnání. Metoda efektivně determinuje oblasti Soulu, kde je dostupnost péče horší. Autoři argumentují, že metoda na míru pro město byla z důvodu velmi specifických charakteristik města vhodná. Podobnou metodou byla zkoumána dostupnost zdravotní péče v Bhútánu, rovněž za využití metody „*two-step floating catchment area*“ modifikovanou GIS nástrojem *Nearest Neighbour* (Jamtsho, Corner, Dewan 2015).

V dalším vědeckém článku se autoři zabývají rovněž dostupností zdravotní péče, tentokrát v Indickém státě Asám (Saikia, Gogoi 2017). Jako vstupní data použili mj. lokální statistické ročenky a mapu územního plánování distriktu Jortah. Autoři prováděli analýzu primárně pomocí rastru, i když vstupní data byla ve vektorové podobě. Kolem každého zdravotního zařízení vytvořili raster o třech různých poloměrech a zkoumali, které oblasti jsou dobře nebo špatně pokryty. Dále stejnou metodu použili pro silniční síť a vytvořili raster kolem ní. V závěru rastery sečetly a následně definovaly oblasti s velmi dobrou, dobrou a špatnou dostupností ke zdravotní péči.

Z českých autorů se dostupností mezi prvními zabýval Hůrský (1978), který regionalizoval Českou socialistickou republiku metodou předělů na základě převládajícího dopravního spádu, rovněž provedl klasifikaci měst na základě jejich polohy v silniční síti bývalého Československa (Hůrský 1974).

Průměrnými rychlostmi na Českých silnicích se věnoval Hudeček (2010), který zkoumal dostupnost v Česku ve vztahu k dojížděce do práce a do škol. Také vytvořil tabulku průměrných průjezdních rychlostí. Věnoval se i afektaci sklonitosti na průměrnou rychlost nebo i vlivu šířky silnice. O výsledky Hudečkova výzkumu se opírá tato práce.

Dostupnosti zdravotní péče v Česku se věnoval tým vedený Luděkem Šídlem (Šídlo et al. 2017a). Věnovali se modelaci dostupnosti pomocí GIS. Pracovali i s počty lékařů v ordinacích a zkoumali, kolik obyvatel připadne na jednoho lékaře.

V bakalářské práci se dostupnosti věnoval Krocze (2016), který hodnotil vliv počasí a ročního období na dostupnost v horských oblastech. Popisoval rozdíly v dostupnosti i volbu dopravního prostředku. Dostupností zdravotní péče se zabývala Davidová (2012). Tato diplomová práce se věnovala dostupnosti zdravotní péče u dětí cizinců v Česku. Hodnotila dopady diskriminace na děti ze třetích zemí vzhledem k přístupu ke zdravotní péči.

Vaněk (2014) ve své bakalářské práci řeší dostupnost zdravotní péče za pomoci GIS softwaru. Věnuje se čtyřem odvětvím zdravotnictví, pro které zjišťoval časovou dostupnost

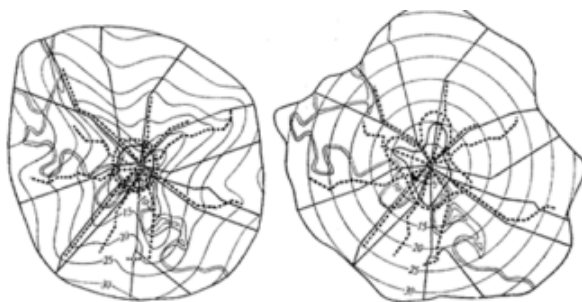
výpočtem zón obslužnosti. Pracuje s dopravním modelem individuální automobilové dopravy. Zsolt (2012) ve své práci řeší podobnou problematiku, ale místo dojezdu lidí k lékaři, řeší časovou dojezdovost záchranných služeb na území Česka. Předmětem práce bylo také navrhnutí ideálního rozložení stanovišť záchranných služeb, pro optimální pokrytí celého území.

Novák (2015) se ve své disertační práci zabýval dostupností zdravotní ambulantní péče na příkladu specializované diabetologické péče a to z pohledu časové dostupnosti. Svou analýzu obohatil o různé atributy, které dostupnost ovlivňují. Pracoval se software ArcGIS, konkrétně s extenzí Network Analyst, která umožňuje síťové analýzy. Ve své práci rovněž modeloval dvě situace. První situace poukazuje na demografické stárnutí lékařů a modeluje změnu dostupnosti v případě odchodu části lékařů do důchodu. Druhá situace modeluje dostupnost ambulantní diabetologické péče v horizontu deseti let.

2.1.1. Metodická stránka dostupnosti

Dopravní dostupnost můžeme hodnotit pomocí vzdálenosti, času a frekvence. Časová dostupnost, tedy čas potřebný k přepravě, se většinou udává v minutách, pokud se jedná o opravdu velké vzdálenosti, lze tento čas udávat také v hodinách. Vzdálenostní dostupnost je udávána zpravidla v kilometrech a u frekvenční dostupnosti se jedná o počet spojů mezi dvěma místy (Mirvald 1993).

Čas lze v mapách znázornit několika způsoby. Pokud je potřeba zachovat využitě zobrazení, lze použít metodu izochron. Izochrona je čára spojující místa se stejnou časovou vzdáleností. Další už daleko komplikovanější metodou je *radiální anamorfóza*, která de facto z těchto izochron udělá například soustředné kružnice a mapu deformuje podle nich (viz. Obr. č. 1). Pokud bychom dali přednost „napřímění“ silničních vzdáleností od zkoumaného místa, nemusí jít o soustředné kružnice, jednalo by se o *nepravidelnou radiální anamorfózu*. Tyto mapy se už však tvaru zkoumaného území příliš nepodobají.



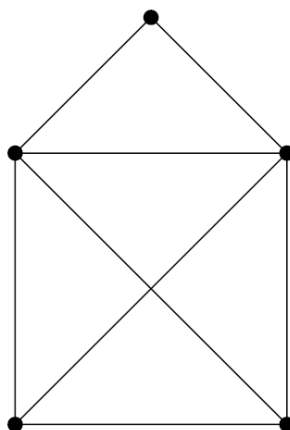
Obr. č. 1: Izochrony a radiální anamorfóza
Zdroj: Voženilek (2001)

K vytvoření takovéto mapy, ať už za využití anamorfózy se využívají poznatky z teorie grafů. Výpočty prováděné v nejrůznějších GIS softwarech se řídí grafovými algoritmy. Jedná se především o výpočty takzvané *nejkratší cesty*, kde se využívá hlavně *Dijkstrova algoritmu*. Tento obor geoinformatiky se nazývá *síťová analýza*. Grafům, síťové analýze a algoritmům se věnuje následující kapitola.

2.2. Teorie grafů a síťová analýza

Teorie grafů patří k menším oborům v matematice, který lze využít při řešení a formulování problémů, které lze zobrazit v podobě grafů (Rapant 2002). Za zakladatele teorie grafů se považuje Leonhard Euler, který se v roce 1736 pokusil vyřešit slavnou úlohu. „*Lze projít všech sedm mostů v Královci právě jednou a vrátit se do výchozího bodu?*“ Euler jako první dokázal, že to nelze provést.

Známějším příkladem ze života je takzvaný Domeček (viz. Obr. č. 2). Jedná se o Eulerovský graf, s pěti uzly a osmi hranami, který lze nakreslit pomocí Eulerovského tahu. Eulerovský tah je tah, který obsahuje všechny hrany grafu, každý právě jednou (Šeda 2003).



Obr. č. 2: Eulerovský orientovaný graf – Domeček
Zdroj: vlastní

2.3. Graf

Obecný graf G lze definovat jako trojici (V, H, ε) , kde V je množina vrcholů grafu G , H je množinou hran grafu G a ε je *zobrazení incidence* (Rapant 2002). Zobrazení incidence určuje nebo naopak vylučuje spojení vrcholů hranami. *Grafy* lze rozlišit do několika kategorií. Je-li množina vrcholů konečná, jedná se o *graf konečný*. V opačném případě se graf označuje jako *nekonečný* (Rapant 2002). Při analýze dostupnosti budeme využívat pouze graf konečný.

Hranám lze přiřadit jednoznačnou orientaci. *Orientovaný graf* je tvořen *orientovanými hranami*, kterým je přiřazen určitý směr (orientace) (Šeda 2003). Kromě orientace můžeme

hranám přiřadit i určité hodnoty. V takovýchto případech hovoříme o *hranově ohodnoceném grafu* (Rapant 2002). Hodnoty, které můžeme *hraně* přiřadit, jsou různé (viz. Obr. č. 3).

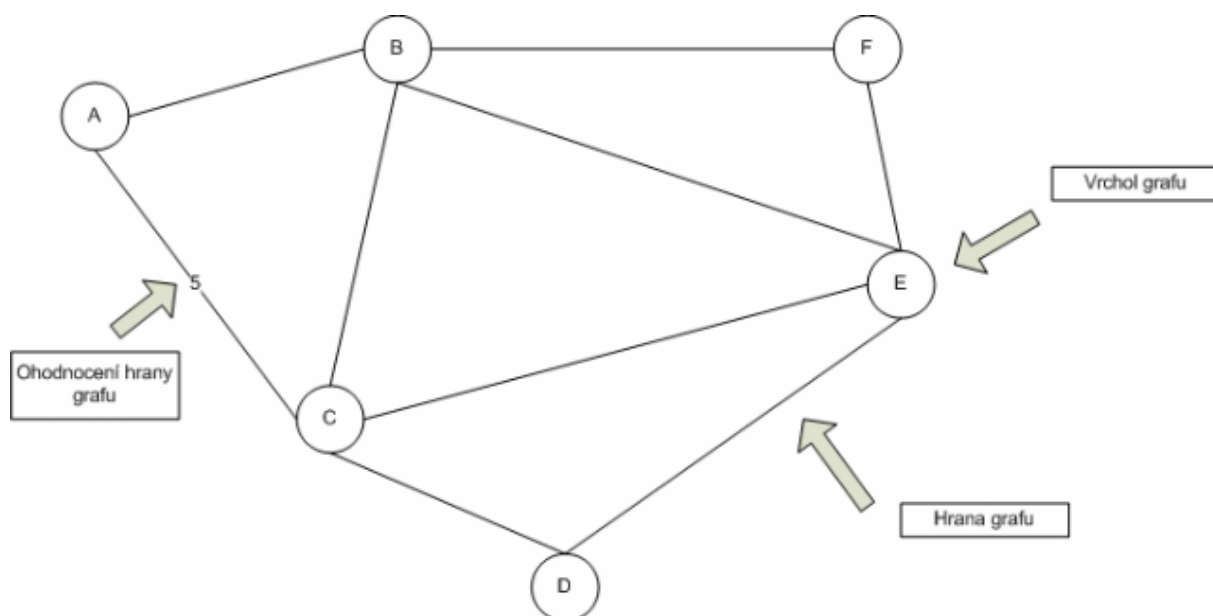
Nejčastěji jím bývá:

délkové ohodnocení hrany (např. v metrech)

časové ohodnocení hrany (např. v sekundách)

ohodnocení maximální toku hranou (např. maximální průjezd aut silnicí za časový úsek)

Hodnotu můžeme přiřadit také vrcholům. V dopravní sféře se jedná především o údaj zdržení na křižovatkách. Například zdržení na semaforu nebo, že odbočování vlevo trvá v průměru déle, než odbočování vpravo.



Obr. č. 3: Příklad grafu
Zdroj: Magazín Portiscio (2014)

Propojením dvou uzlů pomocí hran vytvoříme *cestu*. Rapant (2002) definuje *cestu* v grafu jako posloupnost orientovaných hran, která splňuje podmínku, že následující hrana začíná v uzlu, ve kterém skončila hrana předcházející. Pokud *cesta* začíná a končí ve stejném uzlu, jedná se o *cyklus*. Zanedbáním orientace u cesty vytvoříme *řetězec*. V softwaru ArcGIS, nejen v něm, se pracuje s grafem, který splňuje několik podmínek. Pokud *graf* tyto podmínky splní, označujeme ho jako *síť*.

Síť musí být souvislá (tj. graf, mezi jehož všemi dvojicemi uzlů existuje alespoň jeden řetězec) a hranově, případně i uzlově ohodnocená, přičemž hodnota nesmí být záporná. Musí splňovat podmínku orientovanosti grafu a musí v ní být dvojice uzlů, která bude vstupem do sítě (jeden bod) a výstupem ze sítě (druhý bod) (Rapant 2002). Právě touto sítí bude síť silnic Česka.

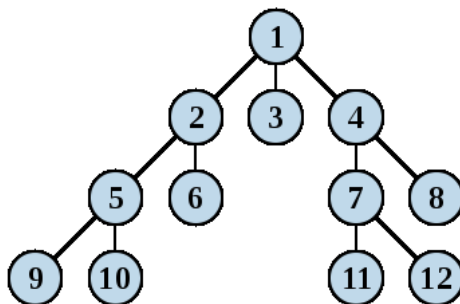
Pomocí GISu můžeme vyřešit nejrůznější problémy, jako jsou: výpočet cesty s nejnižším nákladem, problém obchodního cestujícího, areál obslužnosti a další. Pro tyto výpočty se používají nejrůznější algoritmy.

2.4. Grafové algoritmy

Grafové algoritmy jsou logická pravidla, která slouží pro výpočty a prohledávání grafu. Zjišťují, zda mezi zvoleným bodem a ostatními body existuje nějaké spojení. Díky algoritmům jsme schopni spočítat například cestu s nejmenším nákladem.

2.4.1. Prohledávání grafu do šířky

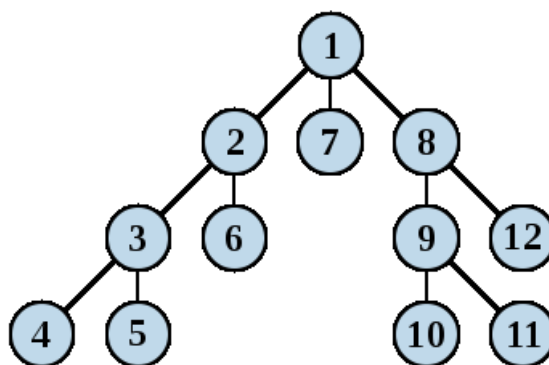
Tento algoritmus „v grafu najde všechny vrcholy, do nichž vede cesta ze zadaného vrcholu r a cesty přitom obsahují nejmenší možný počet hran.“ (Šeda 2003). Patří mezi nejčastěji používané algoritmy při analýze grafů, vychází z něj i Dijkstrův algoritmus (Bayer 2008). *Délka* cesty zde není měřena pomocí hodnoty hrany, ale prostým počtem hran. Algoritmus systematicky prohledává všechny vrcholy grafu a zaznamenává přitom dvě proměnné. Jednou proměnou je již zmíněná *délka*. Druhou proměnnou je *cesta*, ta uchovává údaj o názvu hrany v nejkratší cestě k vybranému vrcholu. Algoritmus končí s výpočtem právě tehdy, když jsou prohledány všechny vrcholy v grafu. Ukázka příkladu prohledávání grafu do šířky (viz. Obr. č. 4).



Obr. č. 4: Prohledávání grafu do šířky
Zdroj: Holčík, Komenda (2015)

2.4.2. Prohledávání grafu do hloubky

Prohledávání do hloubky neboli DFS (depth-first search) je algoritmus, který najde v grafu všechny vrcholy, do kterých vede cesta z výchozího vrcholu r (Šeda 2003). Funguje tak, že vždy nalezne prvního následníka každého vrcholu, pokud ho ještě nenalezl. V případě, že už není možné pokračovat, algoritmus se vrací zpět do předchozího vrcholu. Stejně jako při prohledávání *do šířky* je délka cesty k vrcholu rovna počtu hran, které jsou nejkratší cestou k vrcholu. Ukázka příkladu prohledávání grafu do hloubky (viz. Obr. č. 5).



Obr. č. 5: Prohledávání grafu do hloubky

Zdroj: Holčík, Komenda (2015)

2.4.3. Dijkstrův algoritmus

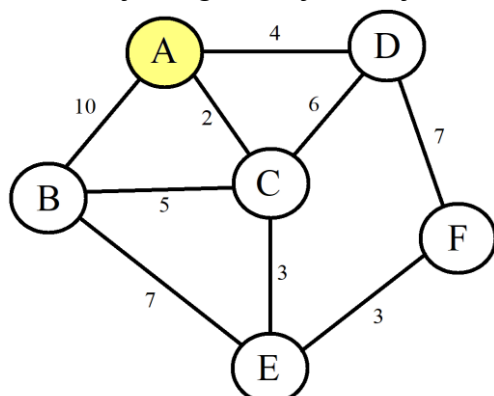
Jedním z algoritmů pro nalezení nejkratší trasy je *Dijkstrův algoritmus*. Tento algoritmus poprvé popsal informatik původem z Nizozemska Edsger Wybe Dijkstra ve 20. století. Algoritmus je *konečný*, protože při každém cyklu se do množiny již navštívených uzlů přidá právě jeden. Proto nemůže být cyklů více, než je v grafu uzlů. Podmínkou pro správné fungování algoritmu je hranově ohodnocený graf s nezápornými hodnotami (Šeda 2003). Tento algoritmus využívá i softwarová extenze ArcGISu *Network Analyst*. Díky tomuto algoritmu bude software schopen spočítat dopravní dostupnost.

Jde o způsob procházení grafu. Prvním krokem tohoto algoritmu je *inicializace*. Při *inicializaci* se vytvoří množina vrcholů V . Součástí této množiny je i počáteční vrchol. Druhým krokem je *relaxace*, při *relaxaci* se vrcholům, které jsou spojené *hranou* s počátečním vrcholem, přiřadí číselné hodnoty *hran*. Ostatním se přiřadí nekonečno. Následně se vybere vrchol s nejnižší hodnotou a začíná se znovu. Fungování algoritmu „...je dost podobné algoritmu prohledávání do šířky, ale obecnější i pro případy, kdy hrany nejsou „stejně dlouhé.““ (Šeda 2003).

Pro účely této práce je důležitá funkce *Service area*. Jedná se o areál obslužnosti určitého místa (*facility*). Důležitým faktorem je limit, se kterým algoritmus pracuje. Limitem je hodnota, kterou jsou ohodnoceny všechny hrany grafu. Součet hodnot všech hran v cestě nesmí tento limit přesáhnout. Když algoritmus dosáhne tohoto limitu, vrátí se zpět do nejbližšího uzlu a pokračuje dál, dokud nejsou všechny cesty s limitní hodnotou nalezeny. Když algoritmus narazí na hranu, která by tento limit překročila, připočítá k ní pouze část té hrany. Například, když je limit 10 a algoritmus má v n -tém uzlu hodnotu 9 a vede z něj pouze jedna hrana s hodnotou 2, algoritmus hranu v půlce „usekne“ a započítá pouze jednu polovinu, aby skončil na hodnotě 10.

Příklad Dijkstrova algoritmu

V následujícím grafu najděte nejkratší cestu z vrcholu A do vrcholu F.



Množina V	A	B	C	D	E	F
A	0	10	2	4	∞	∞
A,C	-	7	-	4	5	∞
A,C,D	-	7	-	-	5	11
A,C,D,E	-	7	-	-	-	8
A,C,D,E,B	-	-	-	-	-	8
A,C,D,E,B,F	-	-	-	-	-	-

Obr. č. 6: Příklad Dijkstrova algoritmu

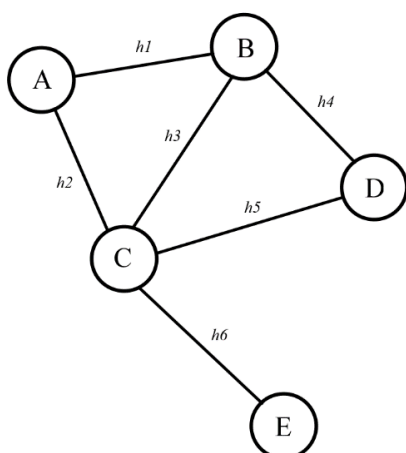
Zdroj: vlastní, inspirováno: Šeda (2003), Hordějčuk (2011)

Každý řádek tabulky představuje jeden krok algoritmu. Ve sloupcích jsou vrcholy grafu G a množina V . Jednotlivé buňky obsahují hodnotu $x(h)$ odpovídající hraně h ve sloupci.

Nejkratší cesta z vrcholu A do F je : A – C – E – F

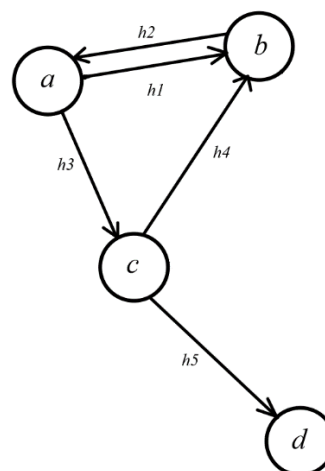
2.5.Reprezentace grafů v počítači

Pro výpočet algoritmu v počítači je nejprve třeba převést graf do podoby, se kterou počítač umí pracovat. Takovou podobou může být například *maticové* nebo *spojové* vyjádření grafu. V této podobě už počítač zvládne pomocí matematických operací výpočty na grafu. Pro názorné vysvětlení těchto principů si pomůžeme s následujícími grafy – *grafem G* a *grafem H* (viz. Obr. č. 7, 8). *Graf G* je neorientovaný a *graf H* orientovaný. Označení hran písmeny h je pouze využito pro popsání matice incidence.



Obr. č. 7: Graf G

Zdroj: vlastní



Obr. č. 8: Graf H

Zdroj: vlastní

2.5.1. Seznam hran

Hrany jsou znázorněny dvojicí vrcholů, které propojuje. U neorientovaných grafů nezáleží, v jakém pořadí hrany napíšeme, jestli (A,B) nebo (B,A), počítač si to pamatuje jako dvojici. U orientovaného grafu už však tento faktor roli hraje a my musíme dodržet správně pořadí. Zpravidla zapisujeme hrany ve směru šipky. Tato reprezentace je vhodná pouze při počátečním vstupu nebo při ukládání na pevný disk (Černý 2010).

Příklad seznamu hran

Graf G : AB, AC, BC, BD, CD, CE

Graf H : ab, ba, ac, cb, cd

Zdroj: vlastní

2.5.2. Matice sousednosti

Matice sousednosti zachycuje, které vrcholy spolu sousedí (Černý 2010). V matici si počítač pamatuje, zda vede z vrcholu u do vrcholu v nějaká hrana h . Rozdíl v zápisu mezi orientovaným a neorientovaným grafem zde opět nalezneme. Pokud je matice osově souměrná (diagonálně), velmi pravděpodobně jde o neorientovaný graf. Je-li matice nesouměrná, jde jistě o orientovaný graf. Matice sousednosti A má velikost $n \times n$, kde n je počet vrcholů v grafu. Definujeme jako $A = (a_{u,v})$, kde:

$$a_{u,v} = \begin{cases} 0 & \Leftrightarrow uv \notin E \\ 1 & \Leftrightarrow uv \in E \end{cases}$$

Příklad matice sousednosti

$$A(G) = \begin{matrix} & \begin{matrix} A & B & C & D & E \end{matrix} \\ \begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$A(H) = \begin{matrix} & \begin{matrix} a & b & c & d \end{matrix} \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Zdroj: vlastní

Lze si povšimnout, že matice neorientovaného grafu $A(G)$ je skutečně souměrná podél osy druhého a čtvrtého kvadrantu. U matice $A(H)$ tomu tak není. Pokud by všechny hrany grafu H měly k sobě hrany i opačného směru (jako je tomu u vrcholů a a b), dosáhlo by se rovněž osově souměrné matice.

2.5.3. Matice incidence

Podle Šedy (2003) také incidenční matice je matice podobná matici sousednosti. Rozdíl je vidět ve sloupcích, kde se na rozdíl od matice sousednosti vyskytují hrany a v řádcích vrcholy grafu. Velikost matice je určena počtem vrcholů a počtem hran mezi nimi $|v| \times |h|$ (Šeda 2003). U neorientovaného grafu se jedná o podobný princip záznamu jako u matice sousednosti, kde:

$$a_{ik} = \begin{cases} 0 & \Leftrightarrow v_i \notin h_k \\ 1 & \Leftrightarrow v_i \in h_k \end{cases}$$

U orientovaného grafu je záznam o něco složitější. Zde se musí brát v úvahu směr hrany. Hodnoty v matici nabývají tři hodnot, kde:

$$a_{ik} = \begin{cases} 0 & \Leftrightarrow v_i \notin h_k \\ 1 & \Leftrightarrow v_i \in h_k : \varepsilon(h_k) = (v_i, u) \\ -1 & \Leftrightarrow v_i \in h_k : \varepsilon(h_k) = (u, v_i) \end{cases}$$

Příklad matice incidence

$$A(G) = \begin{matrix} & h_1 & h_2 & h_3 & h_4 & h_5 & h_6 \\ \begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$A(H) = \begin{matrix} & h_1 & h_2 & h_3 & h_4 & h_5 \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Zdroj: vlastní

U těchto matic nelze pozorovat žádnou osovou souměrnost.

2.5.4. Seznam sousedů

Jde o způsob záznamu, který si pamatuje všechny sousedy každého vrcholu. U orientovaného grafu se za souseda považuje pouze vrchol, ke kterému je hrana orientována, v opačném případě o souseda nejde. U neorientovaného grafu toto není třeba řešit.

Příklad seznamu sousedů

$$\begin{matrix} & A \Rightarrow B \mid C \\ & B \Rightarrow A \mid C \mid D \\ \text{Graf } G & C \Rightarrow A \mid B \mid D \mid E \\ & D \Rightarrow B \mid C \\ & E \Rightarrow C \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} & a \Rightarrow b \mid c \\ & b \Rightarrow a \\ \text{Graf } H & c \Rightarrow b \mid d \\ & d \Rightarrow \emptyset \end{matrix}$$

Zdroj: vlastní

2.6. Legislativní předpis pro dostupnost lékařské péče

Nařízení vlády číslo 307/2012 sbírky ze dne 29. srpna 2012 o místní časové dostupnosti zdravotních služeb, jehož součástí je příloha č. 1, nařizuje maximální dojezdovou dobu vyjadřující místní dostupnost hrazených služeb podle oborů nebo služeb poskytovaných poskytovateli ambulantní péče (Nařízení vlády č. 307/2012 Sb.). Pojem místní časová dostupnost je čas, za který je schopen pacient na příslušnou péči dosáhnout (dojet autem z domova k lékaři). Obory jsou rozděleny do pěti skupin podle dojezdové doby (viz. Tab. č. 1) (celá tabulka viz. Příloha č. 1). Obor kardiologie se nachází ve skupině číslo 3, tedy v dojezdové době šedesáti minut.

Skupina	1	2	3	4	5
dojezdová doba (v minutách)	35	45	60	90	120

Tab. č. 1: Dojezdová doba vyjadřující místní dostupnost hrazených služeb podle skupin oborů poskytující ambulantní péči

Zdroj: Nařízení vlády č. 307/2012 sb.

3. Využitá data

Pro tvorbu této analýzy jsou nezbytná správná vstupní data. Hlavními vstupy jsou proto data se souřadnicemi kardiologických ordinací v S-JTSK, liniová vrstva silnic Česka aktualizována ke dni 31. 12. 2017 a informace o lékařích pracujících v ordinacích.

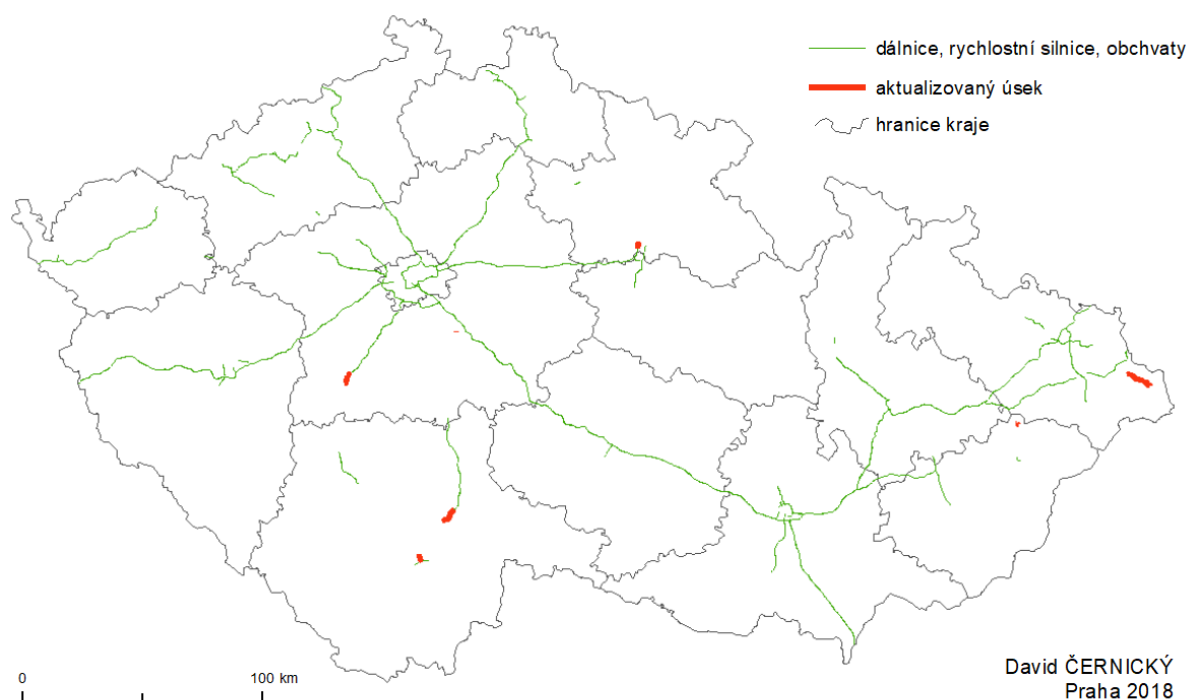
3.1. Použitá data

Data o ordinacích a lékařích byla získána od největší české zdravotní pojišťovny VZP. Data byla aktualizována k lednu 2018, a proto jsou tak vhodným zdrojem k analýze dostupnosti. Údaje jsou zpracovány jednotnou metodou a jsou vysoce spolehlivé. Spolehlivost zaručuje také fakt, že síť smluvních poskytovatelů PZP zdravotních služeb VZP ČR pokrývá naprostou většinu těchto poskytovatelů na území Česka.

Silniční síť byla získána z OpenStreetMap (dále jen OSM). OSM je projekt, který si klade za cíl tvorbu volně dostupných geografických dat a s tím související vizualizaci do podoby map topografických. OSM se inspiroval projekty jako je například Wikipedie. Umožňuje uživatelům snadno editovat obsah. Veškeré editace jsou zaznamenány v historii, aby bylo možno sporná data smazat a nahradit je původními. I přes tato nebezpečí se jedná o velmi rozsáhlou a kvalitní databázi, která je volně dostupná veřejnosti. Alternativou k těmto datům se obsáhlostí může rovnat pouze ZABAGED. Dalšími daty ve vektorové podobě jsou ArcČR 500 nebo CEDA nejsou však tak podrobná jako OSM. CEDA má poměrně podrobnou silniční síť Prahy v měřítku 1 : 10 000, ale za zbytek Česka už se jedná o měřítko 1 : 150 000 a to už je pro následující analýzu nedostačující.

3.2. Silniční síť

Data OSM bylo nutné nejprve zaktualizovat. Aktualizace byla provedena v softwaru ArcGIS, byla přidána aktuální mapa *Topographic Basemap* (OSM 2018) a pomocí ní byly zvektorizovány chybějící části silnic. Základní mapa České Republiky, kterou spravuje ČÚZK, nebyla vhodná, neboť nebyla aktualizovaná a chyběli v ní právě ty části, které bylo nutno dovektorizovat. Veškeré změny v silniční síti Česka byly přehledně k nalezení na serveru ŘSD (ŘSD 2018), kde ke každému úseku nové silnice byla mapa, která změnu zachycovala. Za rok 2017 se změna týkala celkem 112 úseků silnic, ne všechny však bylo nutno v databázi OSM aktualizovat. V mnoha případech šlo pouze o modernizaci silnic a nebylo nutné dělat v databázi změnu. Mnoho nových staveb již také v databázi OSM bylo. Zbýlých 17 nejnovějších staveb bylo nutno dovektorizovat (viz. Obr. č. 9).



Obr. č. 9: Aktualizované úseky silniční sítě OSM
Zdroj: vlastní

3.2.1. Třída silnice

Základním atributem silniční sítě, ze kterého vychází především průměrná rychlost, je třída silnice. Tento atribut rozlišuje 12 druhů silnic. Pět základních (dálnice, silnice pro motorová vozidla, silnice I až III. třídy) a ke každému z těchto základních druhů ještě infrastruktura v podobě odbočovacích a připojovacích pruhů (většinou jde o případ mimoúrovňové křižovatky). Mezi zbylé dva druhy patří ulice a neklasifikované (ostatní). Neklasifikované cesty byly přiřazeny pod silnice třetí třídy. Ve většině případů se jednalo o cesty k chatovým oblastem, polní cesty a silnice, které po vybudování obchvatu obce, nebo nové paralelní komunikace ztratili status (např. silnice první třídy).

3.2.2. Intravilán vs. extravilán

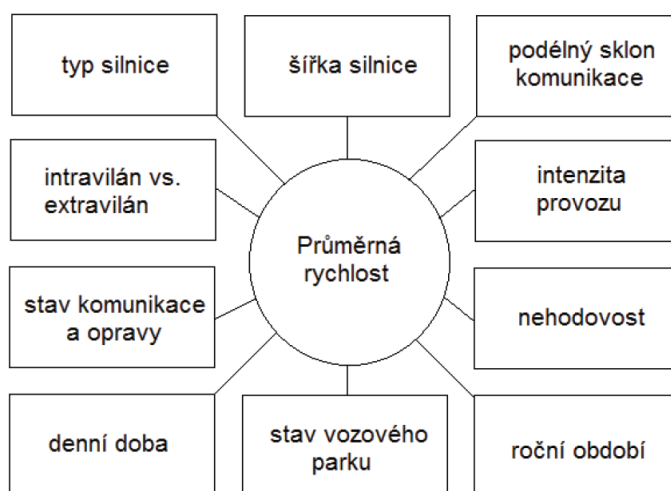
Maximální povolená rychlost na našich komunikacích je diferencována na základě okolí komunikace, především tedy v obci a mimo obec. Tento atribut je v atributové tabulce veden pod názvem *intravilan* a nabývá hodnot 0 a 1. Existují případy, kde na silnicích, které protínají obec, není snížena maximální povolená rychlost na 50 (80) km/h, ale je zvýšena jinou zákazovou značkou. Tyto případy bohužel nejsou v síti ošetřeny, rychlost je stanovena podle třídy silnice v intravilánu. V síti se vykytují i opačné případy, kde silnice, podél které se pouze z jedné strany vyskytuje zástavba, nemá jistě stanovený atribut *intravilan*. Často není jasné, zda

se jedná o extravilán nebo už o intravilán. Tyto případy se nejčastěji vyskytují na silnicích druhé a třetí třídy. Pro množství velmi krátkých úseků mnohdy ve sporném případě jsou tyto nepřesnosti neošetřeny.

3.2.3. Průměrná rychlost

Hudeček (2008) ke svému modelu poukazuje na 4 předpoklady, které jsou nezbytné pro správné fungování sítě. Základním předpokladem pro správné fungování sítě je dodržování maximální povolené rychlosti. Druhý předpoklad vylučuje jakékoliv zastávky během jízdy, jako třeba natankování, odpočinek a další. Třetí předpoklad uvažuje hustotu provozu za běžného pracovního dne. Průměrná rychlost by se v nočních hodinách nebo o víkendu mohla značně lišit. Posledním předpokladem je presumpce drobného omylu při výpočtu průměrné rychlosti. U nižších rychlostí dochází k většímu časovému posunu. Na druhou stranu přeprava probíhá většinou po silnicích vyšších tříd, kde budou chyby zcela marginální.

Jelikož se bude pracovat s časovou dostupností, bylo nutné vypočítat, jak dlouho trvá projet jeden segment silniční sítě. Pokud v ArcGISu pracujeme s formátem *Feature class*, v atributové tabulce se automaticky vypočte délka hrany *Shape_Lenght*. Druhou hodnotou pro výpočet času je rychlost. V tomto případě se využila rychlost průměrná, protože maximální povolená rychlost by určitě neodpovídala reálnému pohybu vozidel na silnici. Podle Hudečka (2008) ovlivňuje průměrnou rychlost velké množství faktorů (viz. Obr. č. 10).



Obr. č. 10: Faktory ovlivňující průměrnou rychlost na silnicích

Zdroj: Hudeček (2008)

Průměrná rychlost je klíčová pro analýzu dopravní dostupnosti. Nejdůležitějším faktorem, který ovlivňuje průměrnou rychlost, je typ silnice, od kterého se odvíjí řada dalších faktorů (Hudeček 2008). Analýza dopravní dostupnosti je proto prováděna za normálních podmínek, kde jsou zanedbány například objížďky, nehody nebo negativní vlivy počasí. Stanovení průjezdních rychlostí proběhlo pomocí odborné literatury (viz. Hudeček 2010).

Legislativní předpis se však od doby, kdy vyšla studie Hudeček (2008), změnil. Dne 1. 1. 2016 byla kategorie rychlostních silnic zrušena a naprostá většina rychlostních silnic byla přiřazena do kategorie dálnic. Zbytek byl přiřazen do kategorie silnic první třídy s označením silnice pro motorová vozidla, kde je maximální povolená rychlost 110 km/h. Bylo tedy nutné určit průměrnou rychlost v extravilánu pro tuto relativně novou třídu silnic.

Silnice pro motorová vozidla disponuje podobnými parametry jako dálnice. V některých případech jsou ale předpisy benevolentnější. Oproti dálnicím nemusejí mít silnice pro motorová vozidla levou krajnici. Tento parametr sice ovlivní šířku komunikace, ale nezmění tím šířku pruhu využívanou k jízdě. Šířka komunikace značně ovlivňuje rychlost v jízdním pruhu, ale krajnice se již v potaz nebere. Proto byl tento faktor omezen na prostý počet pruhů (Hudeček 2008). Dalším parametrem, kterým se od dálnic liší je šířka dělicího pásu, který je zpravidla o půl metru užší. V tomto případě asi ani není možné zjistit, zda má tento faktor nějaký vliv na průměrnou rychlost. Dalšími dvěma faktory, které už průměrnou rychlost pravděpodobně ovlivní, jsou podélný sklon komunikace, kde klesání a stoupání může být pod větším úhlem než u dálnice, a nižší nároky na poloměry křižovatek větvi. V případě sklonu, pokud jde o větší stoupání, tak je silnice pro motorová vozidla často vybavena třetím stoupacím pruhem pro kamiony (např. silnice č. I/20 mezi Novou Hospodou a Pískem).

Časová dostupnost individuální automobilovou dopravou se nejlépe v kontextu Česka počítá v minutách. Jestliže atribut *Shape_Lenght* je udán v metrech a atribut *rychlost* v kilometrech za hodinu, je potřeba vzorec pro výpočet času náležitě upravit.

$$cas = \frac{\frac{Shape_Lenght}{1000}}{\frac{rychlost}{60}} = \frac{Shape_Lenght}{rychlost} \times 0,06$$

Pro výpočet průměrné rychlosti na silnicích pro motorová vozidla bylo vycházeno z průměrné rychlosti na dálnici, kvůli jejich podobnosti. Všechny silnice pro motorová vozidla na území Česka jsou o čtyřech pruzích, které jsou odděleny svodidly a křižovatky na ně navazující jsou vždy mimoúrovňové. Výpočet je vztažen k vzájemnému poměru mezi průměrnou rychlostí a maximální povolenou rychlostí na dálnici.

$$\frac{d_m}{d_{max}} = \frac{s_m}{s_{max}}$$

$$\frac{115}{130} = \frac{s_m}{110}$$

$$s_m = 97,31 \text{ km/h}$$

Průměrná rychlost vychází i z hustoty provozu. Na silnicích pro motorová vozidla jezdí mnohem méně aut než na dálnicích (ŘSD 2016). Tento faktor nepochybně průměrnou rychlost zvýší. Proto byl výpočet zaokrouhlen na hodnotu 100 km/h. V intravilánu jsem ponechal

rychlost podle Hudečka (70 km/h), protože rychlost v obci je na tomto typu silnice omezena na 80 km/h. Stejně jako u bývalých rychlostních silnic.

Určení průměrné rychlosti u ulic proběhlo na základě výpočtů z *route plannerů* od firem Google a mapy.cz. Ve své databázi jsem si vyznačil sledovanou třídu silnice (*fclass*), v tomto případě *residential* a následně naplánoval trasu po této jedné třídě komunikace v obou z *route plannerů*. Bohužel se jedná o krátké komunikace, tudíž zkreslení při zaokrouhlení času na minuty a délky na stovky metrů je opravdu vysoké. Proto bylo naplánováno celkem 10 tras a výsledek byl následně zprůměrován. Trasy byly tvořeny tak, aby byly co nejdelší, z důvodu eliminace chyb při zaokrouhlení času a vzdálenosti. Bylo vybráno náhodně několik obcí. Při hledání cesty pro měření, byla snaha o to, aby cesta nebyla příliš klikatá ani příliš rovná (pouze po hlavní). Každá cesta byla naplánována se dvěma až třemi odbočkami, protože *route plannery* počítají i se zdržením na křižovatkách. Výsledkem je určení průměrné rychlosti pro třídu *residential* 20,49 km/h zaokrouhleno na 20 km/h (viz. Tab. č. 2).

Trasa	Délka (m)	Čas (min)	Rychlost (km/h)	Zdroj	Obec
1	3600	10	21,60	mapy.cz	Praha
1	3600	11	19,64	google.maps.com	Praha
2	2900	8	21,75	mapy.cz	Praha
2	2900	9	19,33	google.maps.com	Praha
3	2100	6	21,00	mapy.cz	Praha
3	2100	7	18,00	google.maps.com	Praha
4	1700	5	20,40	mapy.cz	České Budějovice
4	1700	5	20,40	google.maps.com	České Budějovice
5	5300	13	24,46	mapy.cz	Olomouc
5	5300	14	22,71	google.maps.com	Olomouc
6	2100	6	21,00	mapy.cz	Ostrov
6	2100	6	21,00	google.maps.com	Ostrov
7	2300	6	23,00	mapy.cz	Písek
7	2300	7	19,71	google.maps.com	Písek
8	3300	9	22,00	mapy.cz	Vrchlabí
8	3300	10	19,80	google.maps.com	Vrchlabí
9	3200	10	19,20	mapy.cz	Kroměříž
9	3200	11	17,45	google.maps.com	Kroměříž
10	2800	9	18,67	mapy.cz	Sedlčany
10	2800	9	18,67	google.maps.com	Sedlčany
		Průměr:	20,49		

Tab. č. 2: Výsledek *route planneru* pro ulice

Zdroj: vlastní výpočet

Posledními třídami, které se v databázi cestní sítě vyskytují, jsou připojovací komunikace mezi jednotlivými silnicemi. Jedná se o velmi specifický druh komunikace. V žádné literatuře nebyly nalezeny adekvátní informace o průměrných rychlostech na těchto komunikacích. Proto bylo provedeno terénní šetření.

Terénní šetření bylo prováděno s vozidlem Škoda Octavia 1.9 TDI. Tento vůz svými parametry dle mého názoru patří k nejběžnějším vozům na českých silnicích. K měření rychlosti byla použita aplikace *Speedometer GPS*, nainstalovaná na mobilním telefonu Samsung S5 s operačním systémem Android. Měření probíhalo v úterý a ve čtvrtek mezi 8 a 18 hodinou. Dálniční připojovací pruhy (*fclass = motorway_link*) byly měřeny na vybraných mimoúrovňových křižovatkách dálnic D3 a D4. V případě silnic pro motorová vozidla (*fclass = trunk_link*) šlo o silnici č. I/20 na úseku Nová Hospoda – Písek. Pro silnice první třídy (*fclass = primary_link*) byly vybrány úseky silnice č. I/4 Mírotice – Milín a úseky silnice č. I/20 Plzeň – Nová Hospoda a Písek – České Budějovice. Silnici č. I/3 mezi Borkem a Veselou nad Lužnicí jsem se nakonec rozhodl neměřit, kvůli probíhajícímu omezení na silnici z důvodu stavby dálnice.

Na základě terénního šetření byly těmto segmentům v cestní síti přiřazeny následující rychlosti: pro dálniční připojovací pruhy po zaokrouhlení 56 km/h, pro silnice pro motorová vozidla po zaokrouhlení 46 km/h, pro silnice první třídy 37 km/h (viz. Příloha č. 2 a Tab. č. 3)).

V případě napojování u silnic první třídy se jedná o hodnotu, která překračuje hodnotu průměrné rychlosti na silnici v intravilánu. Jedná se o průměr všech měření jak v extravilánu, tak v intravilánu. V případě intravilánu bylo měření provedeno ve městech Praha a Písek. Rozdělení tohoto druhu silnice na základě intravilánu a extravilánu jsem neprovedl, protože jsem měl k dispozici malý počet měření za intravilán. Jedná se o krátké úseky silnic, tudíž rozdílné hodnoty zde nehrají příliš velkou roli.

U křižovatek pro silnice druhé a třetí třídy nebylo měření za těchto podmínek možné. Jedná se o velmi krátké vzdálenosti a reakční doba mezi spouštěním a zastavováním aplikace by velmi zkreslila výsledek. Většina těchto komunikací (*fclass = secondary_link*; *fclass = tertiary_link*) se nachází v obcích. Z této skutečnosti jsem vyšel a přiřadil jsem jim stejné hodnoty, jako jsou průměrné rychlosti na těchto komunikacích v intravilánu, tedy 20 km/h oba druhy silnic. Souhrn všech rychlostí pro všechny druhy silnic je k nahlédnutí v tabulce č. 3.

typ silnice	průměrná rychlost (km/h)		
	extravilán	intravilán	sjezdy/nájezdy
dálnice	115	-	65
silnice pro motorová vozidla	100	70	46
silnice 1. třídy	70	30	37
silnice 2. třídy	50	20	20
silnice 3. třídy	33	20	20
ulice	-	20	-

Tab. č. 3: Průměrné rychlosti na určitých typech silnic

Pozn.: Rychlosti označené červeně jsou určeny za pomoci route plannerů nebo terénním šetřením.

Ostatní za pomoci odborné literatury (Hudeček 2010).

Zdroj: Hudeček (2010), vlastní výpočet

3.2.4. Jednosměrky

Posledním z atributů, který byl využit, je faktor jednosměrných silnic. Ve sloupci *Oneway_1*, který nabývá dvou hodnot *<Null>* a *FT* (From – To), kdy *<Null>* definuje silnici obousměrnou a *FT* jednosměrnou. Tento faktor maximalizuje přesnost modelování dopravní dostupnosti. Nově zvektorizované úseky, které byly definovány jako jednosměrky, zprvu neodpovídaly skutečnosti. Počátek linie začíná v počátečním bodu, který jako první pomocí *Editoru* vložíme do *Feature classu*. Jedná-li se o jednosměrnou linii, vede tedy ve směru od počátečního bodu ke koncovému. Zvláštním případem je zacyklená jednosměrná linie, který může být v kontextu silniční sítě příkladem kruhového objezdu. Tato linie má počáteční a koncový bod shodný. V tomto případě je orientace linie dána směrem od počátečního bodu směrem k druhému. Selekcí hran s opačnou orientací a následným použitím funkce *Flip Line*, se orientace hrany otočí a problém s jednosměrkami se snadno vyřeší.

Existuje-li v síti kruhový objezd se špatně orientovanými hranami, tak pokud není opravdu veliký, příliš analýzu dopravní dostupnosti neovlivní. Problém může nastat v případě, kdy se špatně zvektorizuje nový úsek dálnice. V takovémto případě, když je jedna linie ze dvou směrů dálnice špatně orientovaná, všechny pruhy dálnice najednou mají stejný směr a to už především na velké vzdálenosti problémy dělat může.

3.2.5. Kontrola topologie

Další nezbytnou věcí před použitím silniční sítě pro analýzu je kontrola její topologie. ArcGIS umožňuje kontrolu topologie automaticky, při zadání správných pravidel. Pro kontrolu připojení nově zvektorizovaných úseků je potřeba správné návaznosti. Toho docílíme pomocí pravidla *Must Not Have Dangles*. Toto pravidlo kontroluje, zda všechny počáteční a koncové vertexy se dotýkají jiné linie. Všude, kde se vertex další linie nedotýká, topologie označí vertex s chybou. Samozřejmě, že ArcGIS najde velké množství chyb. Pokud se však tyto chyby týkají slepých ulic, tak se to za chybu z hlediska využití sítě považovat nedá. Slepé ulice logicky nemohou navazovat na jednom svém konci na žádnou další linii.

Po použití topologie je třeba zkontrolovat, zda se na nových úsecích nikde chyby nevyskytují a případně je opravit. Jelikož celý *Feature Class* silniční sítě má bez mála 600 000 segmentů, nelze celou síť kontrolovat „ručně“. Zdrojem silniční sítě jsou OSM. Tento zdroj lze pokládat za kvalitní, i když ho může kdokoliv editovat. Finálně sestavená síť se tedy může považovat za kvalitní po důkladné kontrole nově zvektorizovaných úseků.

3.3.Data VZP

Informace, které VZP uchovává o ordinacích, jsou velmi obsáhlé a podrobné. Uchovávají informace o oboru, datum, ke kterému jsou data aktualizována, identifikační číslo provozovny, její souřadnice a adresu, identifikační číslo zařízení, jeho souřadnice a adresu, následně pak sloupce *VAR_01* a *VAR_02*. Tyto sloupce uchovávají informaci o tom, zda pracoviště je hlavní, nebo vedlejší a nabývají hodnot 0 a 1. Sloupec *VAR_01* definuje všechny pracoviště, hlavní i vedlejší, bez rozlišení. Sloupec *VAR_02* definuje pouze hlavní pracoviště. Pod pojmem vedlejší pracoviště si lze představit ordinaci, kde není provozována péče celý týden, ale jen vybrané dny nebo dokonce den v týdnu. Takovéto ordinace se vyskytují především na venkově v menších obcích.

Poslední atributy, kterými tabulka disponuje, se týkají informací o personálu na pracovištích. Jsou rozděleny do jednadvaceti sloupců *M01-M21*. Každý ze sloupců obsahuje specifickou informaci a nabývá hodnot 0 a 1 (viz. Tab. č. 4).

M01	Pracoviště v rámci segmentu ambulantní péče (tj. bez ambulancí v zařízeních s lůžkovou péčí)
M02	Pracoviště s kapacitou lékařské péče min. 0,5 úvazku
M03	Pracoviště s kapacitou lékařské péče min. 0,8 úvazku
M04	Pracoviště, kde kapacita lékařů mladších 40 let tvoří min. 50 % úvazků
M05	Pracoviště, kde kapacita lékařů mladších 40 let tvoří 100 % úvazků
M06	Pracoviště, kde kapacita lékařů ve věku 65 a více let tvoří min. 50 % úvazků
M07	Pracoviště, kde kapacita lékařů ve věku 65 a více let tvoří 100 % úvazků
M08	Pracoviště bez lékařů ve věku 60 a více let
M09	Pracoviště bez lékařů ve věku 65 a více let
M10	Pracoviště, kde kapacita lékařů kategorie L3 tvoří min. 50 % úvazků
M11	Pracoviště, kde kapacita lékařů kategorie L3 tvoří 100 % úvazků
M12	Pracoviště, kde průměrný věk lékařů je menší než 40 let (bez ohledu na výši jejich kapacity)
M13	Pracoviště, kde průměrný věk lékařů je menší než 60 let (bez ohledu na výši jejich kapacity)
M14	Pracoviště, kde průměrný věk lékařů je menší než 65 let (bez ohledu na výši jejich kapacity)
M15	Pracoviště, kde průměrný věk lékařů je min. 80 let (bez ohledu na výši jejich kapacity)
M16	Pracoviště, kde min. 50 % lékařů pracuje na plný úvazek
M17	Pracoviště, kde 100 % lékařů pracuje na plný úvazek
M18	Pracoviště, kde je pouze 1 lékař
M19	Pracoviště, kde jsou min. 2 lékaři, kteří pracují na min. 1,50 úvazku
M20	Pracoviště, kde jsou min. 3 lékaři, kteří pracují na min. 1,50 úvazku
M21	Pracoviště, kde jsou min. 3 lékaři mladší 65 let, kteří pracují na min. 1,50 úvazku

Tab. č. 4: Modely rozdělení výskytu lékařů na pracovištích

Zdroj: vlastní

Data od VZP bylo nutno v některých případech doplnit o některé informace, jako souřadnice v souřadnicovém systému JTSK. Tyto souřadnice byly doplněny pomocí serveru RÚIAN (ČÚZK 2018) na základě polohy adresního bodu. V pěti případech se nepodařilo adresu na tomto serveru najít, proto jsem tyto zbylé adresy doplnil pomocí mapového serveru mapy.cz (Seznam.cz a.s. 2018). Souřadnice z RÚIANu jsou velmi přesné a jsou součástí ZABAGED.

Jedním z cílů bakalářské práce je také vytvoření variant vývoje dostupnosti v následujících letech. Prognóza se realizovala za předpokladu, že žádný z lékařů nezmění své pracoviště a žádný nový nepřijde. Tak bude možné určit regiony, kde do budoucna může být o lékaře nouze. K prognóze budou použita pouze hlavní pracoviště (VAR_02), jejichž počet se bude na základě atributů ve sloupcích M01-M21 měnit. První prognóza bude do blízké budoucnosti, kde je reálná šance, že lékaři, kterým je nad 65 let, odejdou do důchodu. Prognóza číslo 2 bude simulovat stav za 5 let, kdy dnešní lékaři, kterým je 60 let, budou v důchodovém věku a bude hrozit jejich odchod do důchodu. Druhá prognóza spíše popisuje místa, kde do budoucna hrozí zhoršení dostupnosti péče.

Pracuje se s daty na úrovni IČP ne na úrovni IČZ. Protože se ordinace může nacházet mimo zařízení (především pokud jde o vedlejší pracoviště), je přesnější pracovat s daty na úrovni IČP. Použití dat na základě IČZ by dostupnost znepřesnilo, bodů by bylo méně a výsledek by vyšel s horší dostupností než v případě IČP.

Jelikož data byla opravdu podrobná, bylo nutné je filtrovat. Pokud by analýza měla být, co nejpřesnější je dobré počítat ordinace, které poskytují služby celé veřejnosti. Proto byly odstraněny vězeňské nemocnice, které poskytují své služby pouze trestancům. Dále byly odstraněny některé sloupce, které byly pro analýzu zbytečné. Jsou mezi nimi sloupce, které obsahovali jakékoliv informace o IČZ. Dále byl odstraněn sloupec M15, ve všech sloupcích má hodnotu 0.

K vytvoření bodové vrstvy ordinací, bez lékařů nad 65 let, bylo třeba z původní vrstvy všech ordinací odstranit ordinace, které nesplňují toto kritérium. Odstraněny byly všechny ordinace, které nabývají následujících hodnot: $M07 = 1$, $M14 = 0$, $M06 + M18 = 2$. Připomínám, že atribut M15 nebylo nutné řešit, neboť ve všech případech nabývá hodnoty 0.

4. Metodika

Metoda síťové analýzy, která se nazývá Service Area (Areál obslužnosti) se sestává ze dvou základních pilířů. Jsou to již zmíněné liniové vrstvy silniční sítě a bodové vrstvy kardiologických ordinací. Výstupem je sada map vyznačující místa s nedostatečnou dostupností ke kardiologické zdravotní péči. Výstupy jsou k nalezení na ArcGIS Online.

4.1. Použitý software

Informace o ordinacích a lékařích od VZP, jsem obdržel v podobě tabulky a bylo nutné je před použitím zpracovat. K tomu byl využit software Microsoft Office Excel 2013. Tento tabulkový editor jsem využil proto, že práce s ním je velmi intuitivní a bez problémů umí převést tabulku do formátu, který je kompatibilní se softwarem ArcGIS. Pohodlné je i vyhledávání, filtrování dat nebo odstranění duplicit v seznamu.

Pro aktualizaci silniční sítě a následnou síťovou analýzu byl využit software ArcGIS od firmy ESRI, konkrétně ArcGIS Desktop 10.4.1. Tento software je ideální pro práci s vektorovými daty, jako je právě silniční síť Česka a tvorbu síťové analýzy pomocí exktenze Network Analyst. Pro publikaci a prohlížení výstupů této práce na internetu byla použita aplikace ArcGIS Online.

4.2. Hodnocení dostupnosti

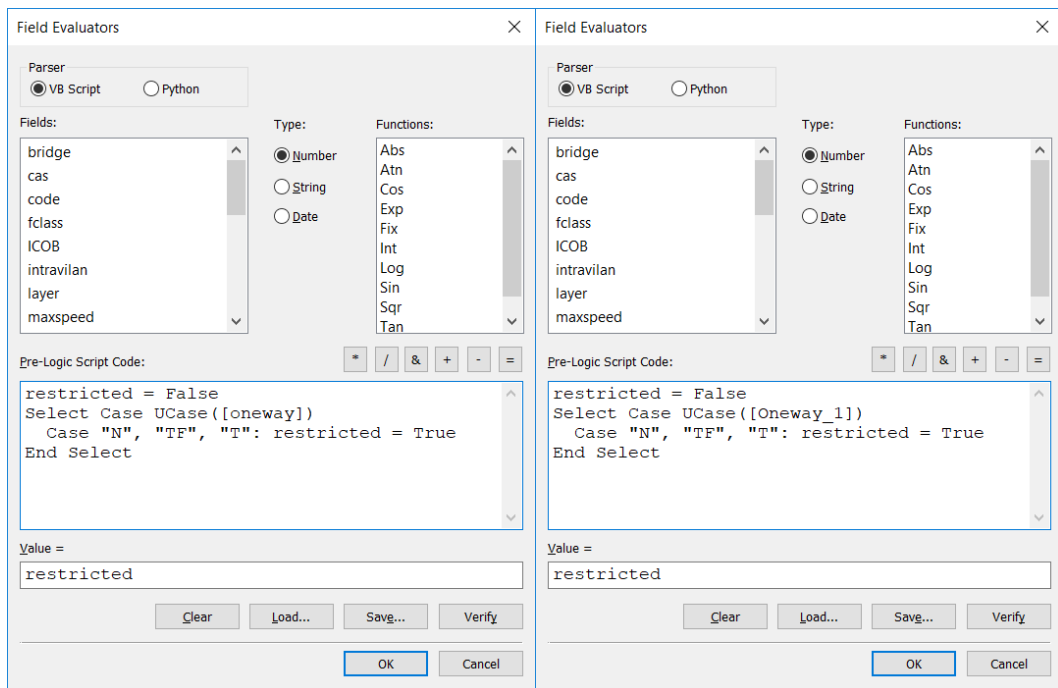
Pro hodnocení dostupnosti byly vytvořeny 4 varianty (V1 – V4). První počítá se všemi ordinacemi, druhá pouze s těmi, kde pracuje alespoň jeden lékař mladší šedesáti pěti let, třetí počítá pouze s hlavními ordinacemi a čtvrtá počítá pouze s ordinacemi, kde pracuje alespoň jeden lékař mladší šedesáti pěti let a patří mezi hlavní pracoviště. Účelem těchto výstupů je vyznačit problémové regiony, kterých se zhoršená dostupnost zdravotní péče týká a kterých se to může týkat po nezapočítání lékařů v důchodovém věku v blízké budoucnosti.

4.3. Network dataset

Silniční síť, jejíž konfigurace byla popsána v předchozí části, musí být uložena v geodatabázi v datasetu, aby bylo možné v ArcMapu vytvořit *network dataset*. *Network dataset* vytvoří *hrany* a *uzle*, pomocí kterých je pak prováděna analýza.

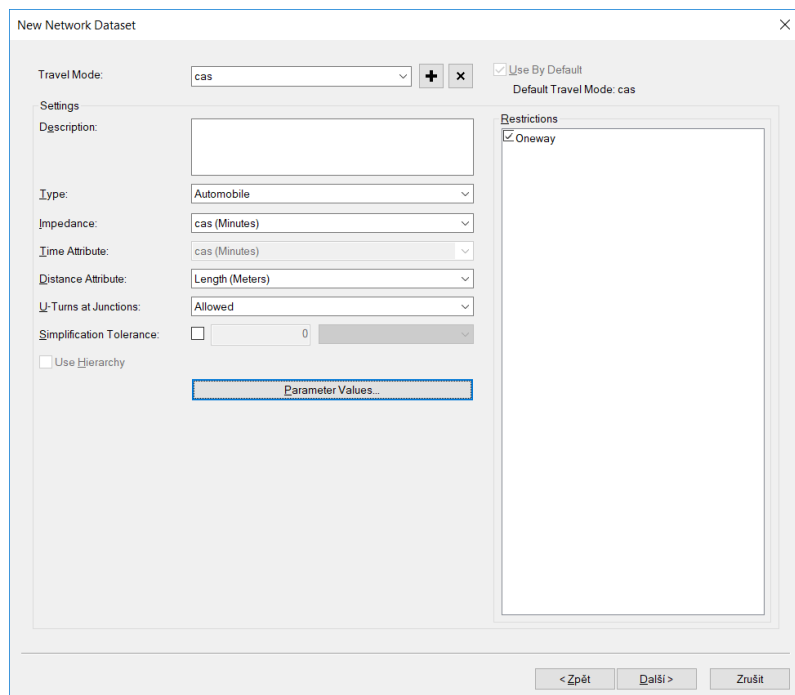
Tvorba network datasetu:

- Pravým kliknutím myši vyberu dataset, ve kterém je uložena silniční síť a v rozbalovacím seznamu se zvolí *New > Network Dataset* a zobrazí se *New Network Dataset* okno.
- Network Dataset byl pojmenován *silnicni_sitND* a verze datasetu nastavena na 10.1. Vše ponecháno v defaultním nastavení.
- V dalším kroku byly vybrány feature classy, které se budou podílet na tvorbě network datasetu. Byla zvolena silniční síť (*silnicni_sit*).
- Pro modelaci nejsou brány v potaz zdržení na křižovatkách, proto v dalším kroku byla zvolena možnost *No*. ND tedy nebude modelovat odbočování.
- Jelikož je v datasetu pouze jeden feature class, v dalším kroku není třeba nastavovat konektivitu a může se přejít k dalšímu kroku.
- ND je schopen počítat i se sklonem vozovky. Silniční síť, ale touto informací není vybavena a proto bylo zvoleno *None*.
- Pro počítání času musel být přidán nový atribut *cas*. Tomuto atributu byla přiřazena hodnota nákladu (Cost) v minutách. Jelikož se sloupec se stejným jménem nachází i v atributové tabulce silniční sítě, není třeba nic dál nastavovat, ArcGIS si to spojil sám.
- Druhý atribut, který je třeba nastavit je atribut *Oneway* (jednosměrky). Kliknutím na *Add...* se vytvoří nový atribut, který se pojmenuje *Oneway*. Bylo zvoleno, že se jedná o typ restriktivního opatření (Usage Type: Restriction). Víc nebylo třeba nastavovat. Pro správné fungování tohoto atributu ještě bylo nutné definovat, jak má opatření fungovat. Označením atributu *Oneway* a kliknutím na *Evaluators* se zobrazilo nové okno se dvěma řádky. Kliknutím na první řádek a následným kliknutím na ikonu *Properties* se zobrazí dialogové okno, kde je třeba slovo *oneway* přepsat na *Oneway_1* (viz. Obr. č. 11).



Obr. č. 11: Nastavení jednosměrnosti
Zdroj: vlastní

- Travel mode byl nastaven stejně jako na obrázku č. 12.



Obr. č. 12: Nastavení Travel modelu
Zdroj: vlastní

- Nakonec pro *Directions* bylo zvoleno *No* a pro *Service Area Index* bylo zaškrtnuto pole *Build Service Area Index*.

Pro jistotu, že síť je nastavena správně, byla provedena kontrola, zda jednosměrky opravdu fungují. Symbologie u silniční sítě byla nastavena podle atributu *Oneway_1*, kdy pro hodnotu <Null> byla nastavena obyčejná černá čára. Pro hodnotu *FT* byla nastavena symbologie, která je v ArcMapu defaultně k dispozici pod názvem *Arrow Right Middle*. Šipka na linii pak ukazuje ve směru, ve kterém je jednosměrka průjezdná. Více hodnot atribut *Oneway_1* nenabývá.

Na *Network Analyst Toolbaru* byl vybrán nástroj *Create Networka Location Tool*. Který vytvoří nejkratší cestu mezi libovolnými lokacemi. Tento nástroj byl použit pro otestování funkčnosti libovolných jednosměrek (viz. Obr. č. 13).



Obr. č. 13: Ověření funkčnosti jednosměrek
Zdroj: vlastní

4.4. Areál obslužnosti

Areál obslužností vytváří polygony nebo linie na základě kumulace atributu nákladu, v tomto případě kumuluje atribut *cas*, který je uváděn v minutách. Funguje na principu Dijkstrova algoritmu (viz. Kapitola 2.4.3). Algoritmus prohledá nejlevnější cestu směrem k *Facility*. Lze zde nastavit i směr od zařízení, ale v tomto případě se jedná o dostupnost lidí

ke zdravotnímu zařízení, nikoliv záchrankou k lidem. Pokud by hrany byly bez orientace (bez jednosměrek), tak byl žádný rozdíl mezi směry nebyl a výsledek by vyšel stejně.

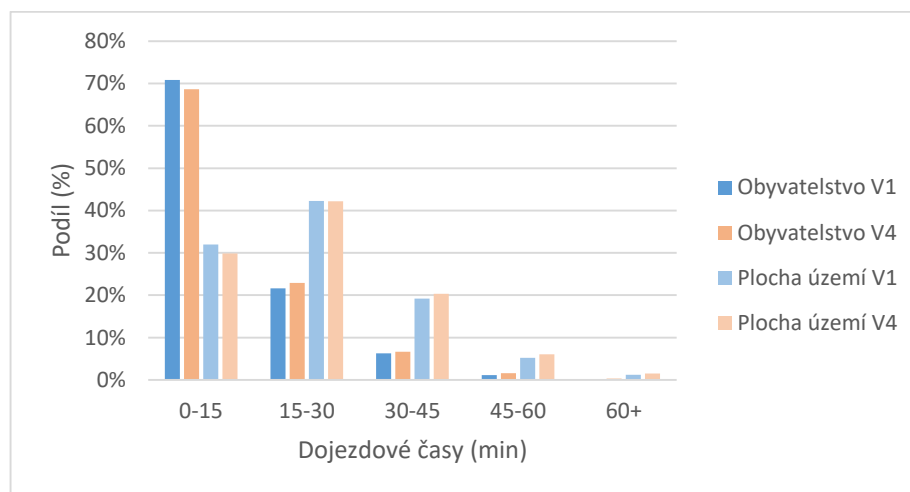
Tvorba Service Area:

- Před tvorbou tohoto nástroje je třeba mít všechny segmenty, které vstupují do analýzy vložené v *Table Of Contents*.
- V záložce *Customize > Toolbars > Network Analyst* se otevrou nástroje pro síťovou analýzu.
- V panelu nástrojů se otevře rozbalovací seznam, kde byla vybrána možnost *New Service Area*. Po vybrání se *Service Area* hned objeví v *Table Of Contents*.
- Pravým kliknutím na *Service Area > Properties* se zobrazí dialogové okno pro nastavení parametrů.
- V záložce *Analysis Settings* bylo pro *Impedance* nastaveno *cas (minutes)*, aby se hodnoty počítaly v minutách. Pro nastavení zlomových hodnot bylo do *Default Breaks* nastaveno 15; 30; 45; 60; 100. Toto jsou intervaly, podle kterých se budou polygony dělit. Jde o intervaly 0-15, 15-30, 30-45, 45-60, 60-100. Interval 60-100 je zde z důvodu vyznačení regionů, který mají nedostatečnou dostupnost ke zdravotní péči. *Direction* bylo nastaveno na možnost *Towards Facility* z důvodu jednosměrnosti některých hran.
- Záložka *Polygon Generation* je pro optimální nastavení vytvořených polygonů. *Polygon Type* byl nastaven na *Generalized* a *Trim Polygons* byl nastaven na 1000 m. Tato funkce udělá kolem každé cesty *Buffer*. Je to z důvodu toho, že následné přenášení hodnot do centroidů obcí neleží vždy na silnici, proto je zde tato tolerance.
- Nastavení *Multiple Facilities Opinions* upravuje polygony v případě překryvu. Pro tuto analýzu je nejvhodnějším nastavením *Merge by break value*, protože v případě *Overlapping* by se hodnoty přenášeny do bodové vrstvy obcí v mnoha příkladech překrývaly. Tato bakalářská práce řeší, zda je zdravotní péče dostupná, nikoliv která ordinace je neblíže, proto nastavení *Not Overlapping* rovněž není třeba, i když by to přenášení informace do bodové vrstvy obcí nijak neovlivnilo.
- *Overlap Type* byla nastavena na *Rings*, zase z důvodu překryvu, který není vhodný pro přenášení informace z polygonu do bodu.
- Ostatní nastavení stačí ponechat v defaultní podobě.
- Na *Network Analyst* toolbaru byla zvolena možnost *Network Analyst window*, které se vzápětí objevilo v levé části obrazovky. Do *Facilities* byla vložena bodová vrstva ordinací. Na závěr byl *Network Analyst* spuštěn pomocí *Solve*.

Výstupem tohoto procesu jsou 4 sady polygonů, pro každou variantu jedna.

Informace o polygonu, který vzešel z analýzy, byla převedena do bodové vrstvy obcí a následně převedena do polygonové vrstvy obcí (ARCDATA 2017). Pomocí nástroje *Spatial Join* se z polygonové vrstvy vzniklé sítovou analýzou převedly atributy do bodové vrstvy obcí. Možnost *Match Opinion* byla v tomto případě nastavena na *Closest*, protože v příhraničních oblastech, kde je silniční síť řídká se ne vždy centroid obce nacházel v areálu polygonu. Tato možnost zabezpečila, že se do bodu vloží informace o nejbližším polygonu.

Informace z bodové vrstvy obcí se stejným způsobem zkopírovala do polygonové vrstvy obcí (upraveno 52 bodů). Místo *Closest* v možnosti *Match Opinion* byla nastavena možnost *Intersect*. Po následné úpravě symboliky a přidání nezbytných mapových prvků vznikly mapy dostupnosti s vyznačenými místy, kde je dostupnost mimo meze legislativy (viz. Příloha č. 3 – 6). Dalším výstupem je graf popisující jaké procento území a obyvatel se nachází v jaké časové zóně od nejbližší ordinace (viz. Obr. č. 14). Pro automatizaci tvorby výstupů byl použit Python script (viz. Příloha č. 9).



Obr. č. 14: Podíl obyvatel a území v dostupnostních zónách
Zdroj: vlastní

4.5. Testování variant průjezdných rychlostí

Analýza dostupnosti byla provedena i s novými hodnotami průměrných rychlostí. Tento dodatečný výzkum byl aplikován do Jihočeského kraje. Na základě Šídla (2017b) se tento kraj jeví jako nejproblematictější z hlediska dostupnosti primární zdravotní péče. Prvotní hodnoty průjezdných rychlostí se jeví, jako nízké a proto bylo přistoupeno k jejich přezkumu.

Stanovení průjezdných rychlostí vycházelo částečně z odborné literatury (Hudeček 2010) a bylo validováno pomocí internetových route plannerů a zaokrouhleno. Změna se týkala pouze silnic druhé a třetí třídy v extravilánu, kde u silnic druhé třídy byla hodnota změněna na *60 km/h* a u silnic třetí třídy na *35 km/h*. U ostatních silnic nebyly zjištěny výrazné odchylky. Sjezdy

a nájezdy byly ponechány na původních hodnotách z důvodu velmi krátkých vzdáleností. Zkreslení je zde minimální, navíc tyto hodnoty byly zjištěny terénním šetřením.

Bylo nutné oříznout síť silnic a ordinací podle polygonu Jihočeského kraje pomocí funkce Clip. Pro novou vrstvu silnic byl vytvořen nový Network dataset. se stejnými parametry jako v prvním případě. Funkce Service Area byla nastavena rovněž stejně jako v prvním případě. Výsledkem jsou 4 mapy, kde je vyznačená dopravní dostupnost i obce, které se již nenachází za kritickou hranicí 60 minut (viz. Příloha č. 7 a 8).

4.6. ArcGIS Online

Dalším výstupem bakalářské práce je publikace výsledků na webu pro možné online prohlížení prostřednictvím serveru ArcGIS Online. Jsou zde k nalezení všechny polygony použité v mapách. Silniční síť z důvodu omezení serverem nebylo možno naimportovat. Výsledky jsou k nalezení na této adrese: <http://arcg.is/0SemaL> nebo pomocí QR kódu níže.



QR kód pro online prohlížení výsledků

5. Výsledky

Analýza ukázala, že v Česku jsou regiony, které nesplňují legislativní předpis, který nařizuje, že dopravní dostupnost ordinace má být do doby 60 minut. Obce, které toto kritérium nesplňují, se nacházejí především na Šumavě, v jižních Čechách a na Znojemsku. Varianty zahrnující pouze hlavní pracoviště navíc ukázaly, že i Broumovský výběžek nemusí tuto normu splňovat. Veškerá data jsou v tabulce č. 5.

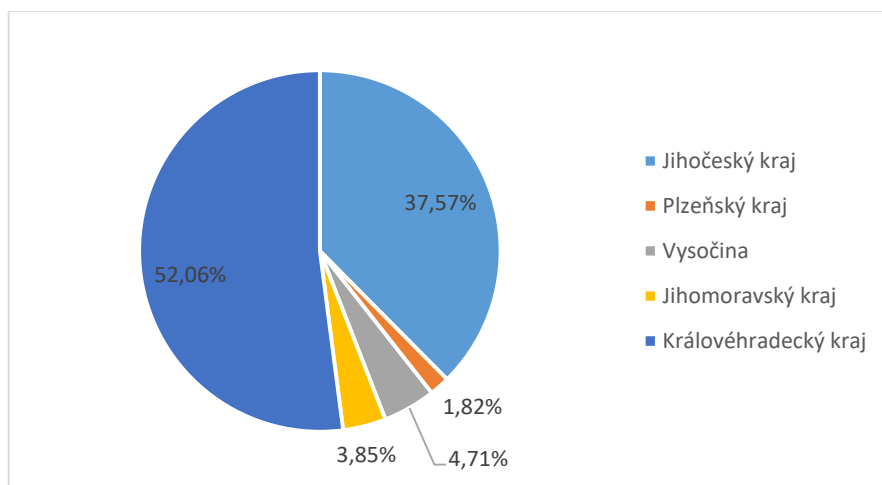
Interval (min)	V1 plocha	V1 obyv.	V2 plocha	V2 obyv.	V3 plocha	V3 obyv.	V4 plocha	V4 obyv.
0 – 15	36,52%	72,05%	35,20%	70,87%	35,49%	71,26%	33,84%	70,05%
15 – 30	41,88%	20,99%	41,95%	21,68%	42,01%	21,38%	42,37%	22,09%
30 – 45	17,02%	5,91%	18,05%	6,35%	17,47%	6,09%	18,52%	6,54%
45 – 60	3,82%	0,93%	3,92%	0,96%	4,05%	1,01%	4,16%	1,05%
60 +	0,76%	0,12%	0,89%	0,14%	0,98%	0,25%	1,11%	0,27%

Tab. č. 5: Výsledky analýzy pro jednotlivé varianty

Zdroj: vlastní

Nejlepší situace je ve městech, která disponují kardiologickou ordinací. Naprostá většina obyvatel (92,64 %) je schopno dosáhnout kardiologické ordinace do půl hodiny, jedná se o 77,5 % ploch území (viz. Příloha č. 5). Horší situace se vyskytuje na vnitřních perifériích, kde čas potřebný k dosažení ordinace často překonává hranici 30 minut. Ve stejné situaci se nacházejí i příhraniční obce s výjimkou Ostravska a Břeclavska. Oblasti s nejhorší časovou dostupností se vyskytují v pěti krajích. Nejhorší situace je v Jihočeském kraji kde se nachází 75,87 % obyvatel ze všech, kteří se nacházejí nad hranicí 60 minut (viz Příloha č. 3).

Při započítání pouze hlavních ordinací se oblast Broumovského výběžku octne v kategorii „více než 60 minut“ (viz. Příloha č. 5). Jedná se o hustě zalidněnou oblast, kde žije bez mála 14 000 lidí, kteří mohou trpět zhoršenou dostupností zdravotní péče. Při přepočítání obyvatel na kraje se V této variantě stává nejhorším krajem Královéhradecký kraj (viz. Obr. č. 15).



Obr. č. 15: Počet obyvatel ohrožených zhoršenou dostupností zdravotní péče v přepočtu na kraje

Zdroj: vlastní

Mezi všemi variantami je zřetelný gradient rostoucího počtu obyvatel a plochy území, kterým hrozí zhoršení dostupnosti zdravotní péče. To je způsobené klesajícím počtem ordinací, které jsou do analýzy zahrnuty.

Dílčím výstupem bakalářské práce je analýza vytíženosti ordinací v jednotlivých obcích. Byly použity pouze dvě varianty V1 a V4. Analýza byla provedena opět pomocí nástroje *Network Analyst* funkcí *Closest Neighbour*. Tato funkce nalezne ke každé obci nejbližší ordinaci. Výsledkem byla polygonová vrstva, která počtem kusů odpovídala počtu obcí s ordinacemi. Informace do polygonu obcí byla převedena stejným způsobem pomocí bodové vrstvy do polygonové vrstvy obcí a na základě *FacilityID* byla použita funkce *Dissolve*, která polygony se stejnou hodnotou tohoto atributu sjednotí. Byly zachovány statistické údaje o počtu obyvatel a počtu ordinací. Následně byl vypočítán poměr mezi počtem obyvatel a počtem ordinací (viz. Příloha č. 9 a 10).

Analýza ukázala, že nejlepší situace je ve větších krajských městech, s větším počtem ordinací. Nejlepší situace je u obou variant v Olomouci, kde při započítání všech ordinací je vytíženost na ordinaci 5947,5 obyvatel. Nejhorší situace je v Modřici, zde připadá na jednu ordinaci 94104 obyvatel. To je způsobeno polohou u dálnice před Brnem. V tomto případě se nejedná o hlavní pracoviště.

Výsledné mapy mohou pomoc pojišťovně doporučit pacientům jejich spádovou obec s ordinací nebo přerozdělovat na základě jejich vytížení. Týkalo by se to především pacientů, kteří žijí na hranicích spádových regionů. Bohužel se pracuje s daty na úrovni ordinací, nikoliv na úrovni lékařů. Analýza vytíženosti lékařů by posloužila k efektivnějšímu přerozdělování pacientů. V tomto případě jde však především o použitou metodiku.

6. Diskuse

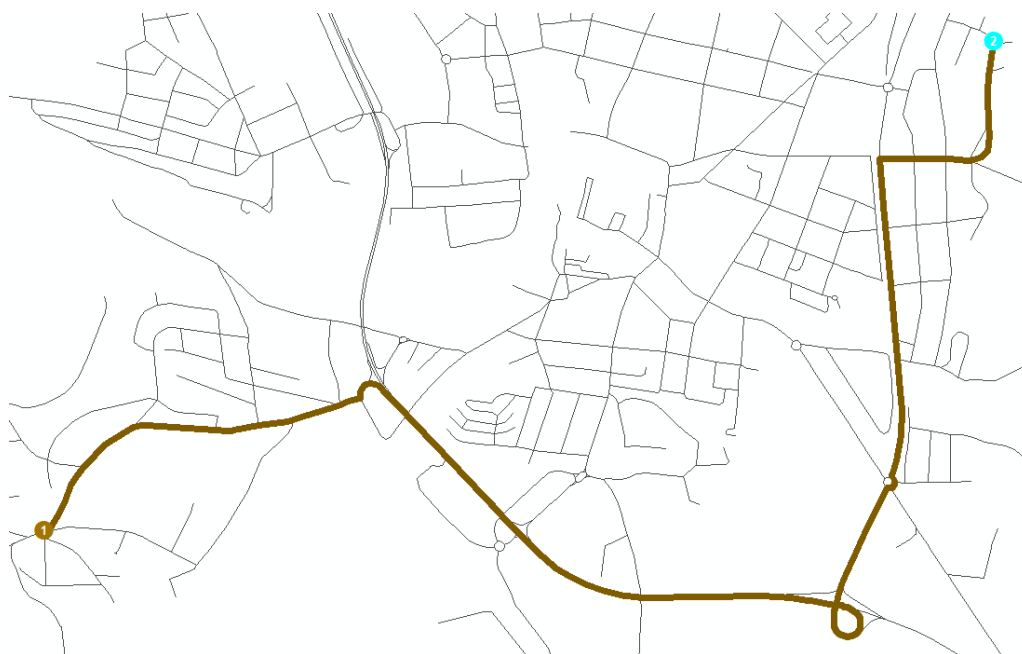
Výsledky analýzy závisí na stanovení průměrných rychlostí v silniční síti. Stanovení těchto rychlostí proběhlo na základě odborné literatury (Hudeček 2010). Jedná se však od 10 let starou literaturu, která řeší rychlosti v období 1991 – 2001, tudíž se jedná o 17 let starý údaj, který se pravděpodobně od té doby změnil.

6.1. Validace průjezdních rychlostí

Validace průjezdních rychlostí proběhla na základě porovnání výsledků ze síťové analýzy z ArcGIS a výsledků z route plannerů od serverů maps.google.cz a mapy.cz. Validace byla rozdělena do dvou částí, jedna řeší rychlosti v intravilánu, druhá mimo něj.

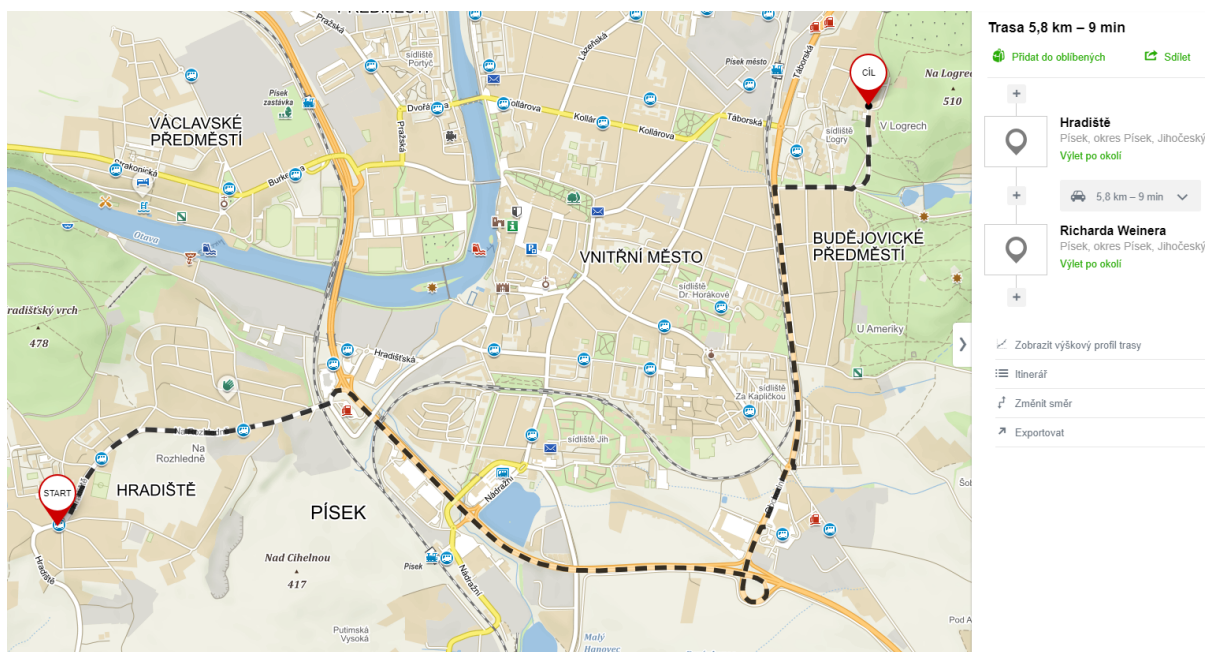
6.1.1. Validace průjezdních rychlostí v intravilánu

Na začátku byla zvolena libovolná cesta skrz město. Cesta byla spočítána pomocí ArcMap, na základě dat 2 route plannerů a změřena i v terénu pomocí GPS. Jedná se o cestu skrz město Písek. V ArcMap byly zvoleny 2 body a pomocí metody *New Route* byla spočítána nejlevnější (časově nejméně náročná) trasa (viz. Obr. č. 16). Tuto cestu software spočítal na 9,62 minut.



Obr. č. 16: Výsledek výpočtu trasy v programu ArcGIS
Zdroj: vlastní

Tato hodnota je porovnávána s jinými route plannery. Server Mapy.cz spočítal stejnou trasu na 9 minut (viz. Obr. č. 17). Bohužel server neumožňuje zjistit čas podrobněji, proto jsem se snažil start posunout ve směru jízdy, dokud se neobjeví na výpočtu 8 minut. Při posunutí startu zhruba o 400 metru ve směru jízdy, se čas v route planneru změnil na 8 minut. Pak jsem udělal to samé, ale v protisměru jízdy, dokud route planner neukáže 10 minut. Start musel být posunut o 400 metrů zpět. Z toho usuzuji, že výsledek při výchozí poloze startu byl zhruba 9 minut 30 sekund (9,5 minuty). Byla ponechána defaultně nastavená nejrychlejší cesta.



Obr. č. 17: Výsledek výpočtu trasy za pomoci serveru Mapy.cz
Zdroj: Seznam.cz .(2018)

Stejný výpočet byl proveden i s maps.google.com. Výsledek z výchozího startu se opět rovnal 9 minut a opět po stejné trase. V tomto případě musela být trasa posunuta o 600 metrů vpřed, aby výpočet byl roven 8 minut. Při přepočtu na 10 minut byla cesta posunuta o 200 metrů zpět, z toho lze usuzovat, že výsledná cesta se rovná 9 minut a 45 sekund (9,75 minuty).

Stejná trasa byla čtyřikrát v jednom směru projeta již zmíněným automobilem Škoda Octavia. Měření bylo prováděno digitálními stopkami v mobilním telefonu. V době měření bylo na trase omezení na obchvatu, kde se dva pruhy sjíždí do jednoho. Z tohoto důvodu jsem usoudil, že měření proběhne v sobotu, kdy intenzita provozu není tak velká, aby toto omezení bylo dorovnáno rychlejší jízdou při nižší intenzitě provozu. Na trase se nachází jeden železniční přejezd, jeden kruhový objezd a žádný semafor. Přednost v jízdě je třeba na cestě dát čtyřikrát (včetně napojení se na obchvat). Výsledky měření se pohybovaly od 9,32 minut do 9,71 minut. Průměr je roven 9,60 minut.

6.1.2. Zhodnocení výsledků tras v intravilánu

Nastavení průjezdních rychlostí v intravilánu dle Hudečka (2010) se jeví jako přesné, neboť se shoduje, s odchylkou jednotek sekund, se všemi ostatními měřeními (viz. Tab. č. 6). Server maps.google.com vypočetl trasu s nejdelší dobou. To je způsobeno již zmíněným omezením na trati, které zpomaluje automobily a tento server, který rovněž umí sledovat stav dopravy, snížil průměrnou rychlost na tomto úseku, a proto trasa jím spočítaná vyšla nejpomaleji. Mapy.cz tuto schopnost nemají, a proto počítají trasu za normálních podmínek. Za správné lze rovněž považovat fakt, že trasa spočtená ArcGISem probíhá po stejných komunikacích, jako v případě obou route plannerů.

Výpočet	Čas (min)
ArcGIS	9,62
mapy.cz	9,50
maps.google.com	9,75
Automobil	9,60

Tab. č. 6: Výsledky měření v intravilánu
Zdroj: vlastní

Volbu testovací trasy považuji za vhodnou z důvodu toho, že se nachází v okresním městě, které netrpí dopravními kongescemi jako velká města. Proto zde bylo možné i měření v terénu, které by tolik neovlivňovaly právě tyto kongesce nebo další jevy, které se týkají ovlivnění provozu. V Praze stejně dlouhou trasu (6 km) lze zajet za velmi odlišnou dobu v jiných hodinách, proto Praha nebyla vhodná pro validaci výsledků. V Písku lze tuto trasu zajet (pokud nepojede přes přejezd vlak) za podobný čas ve všech dnech a hodinách.

Po aktualizaci průjezdních rychlostí (viz. kapitola 4.5) byla trasa softwarem ArcGIS spočítána na 9,08 minut. Tudíž se mírně předbíhá oproti skutečnosti. To je způsobeno změnou rychlosti na silnici první a druhé třídy, po kterých je trasa většinou vedena.

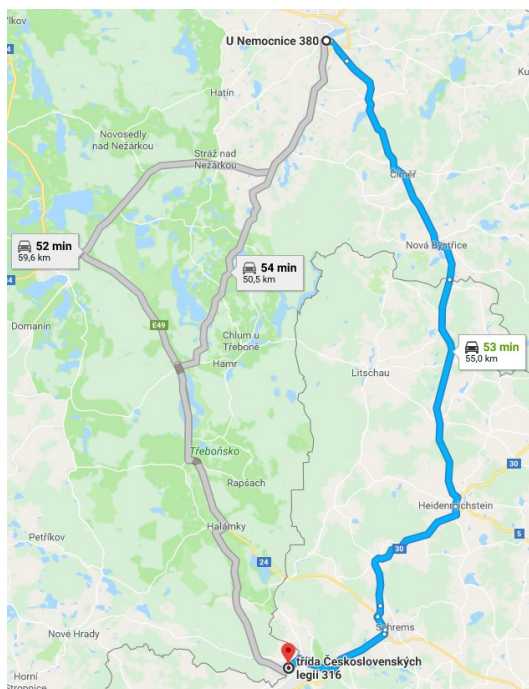
6.1.3. Validace průjezdních rychlostí v extravilánu

Validace těchto hodnot byla prováděna podobným způsobem, ale bez terénního šetření z důvodu časové a finanční náročnosti. Pro tuto validaci byla vybrána trasa v jižních Čechách, aby bylo možné srovnání i se změněnými průjezdními rychlostmi. Trasa je vedena mezi Českými Velenicemi, které vyšly v analýze nad hranici 60 minut k nejbližší ordinaci, která byla pomocí funkce *Closest Facility* nalezena v Jindřichohradecké nemocnici.

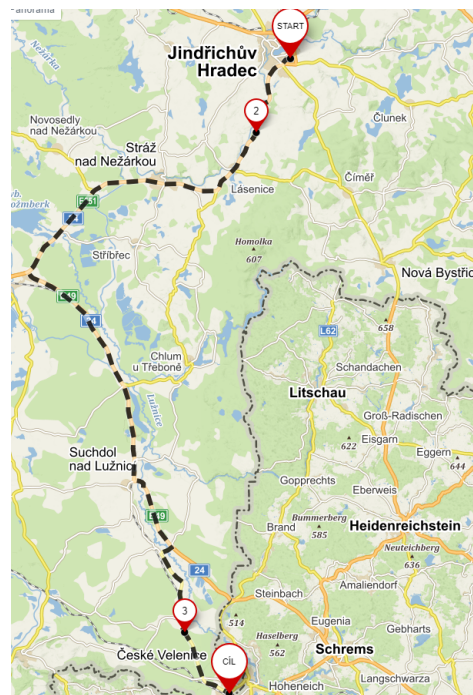
ArcGIS spočítal trasu na 70,04 minut. Byla použita stejná metoda jako v případě validace průjezdních rychlostí v intravilánu. Hodnota opět byla konfrontována s výsledky z route

plannerů. Server maps.google.com navrhl hned 3 trasy a ta nejvhodnější vedla přes území Rakouska v okolí města Litschau (viz. Obr. č. 18).

Vyznačená trasa není vhodná pro porovnávání s výstupy z ArcGIS, neboť byla použita pouze síť nacházející se na území Česka. Proto byla zvolena cesta, která trvá 52 minut. V případě serveru Mapy.cz vyšla trasa stejně jako v případě maps.google.com, proto byly na trasu vhodně přidány *špendlíky*, aby byla trasa vedla pouze přes české území. Tato trasa byla spočítána na 57 minut (viz. Obr. č. 19). Zde již není nutné řešit přibližně sekundy, výsledek zaokrouhlený na minuty je postačující.



Obr. č. 18: Výsledek výpočtu trasy za pomoci serveru maps.google.com
Zdroj: Google, Inc. (2018)



Obr. č. 19: Výsledek výpočtu trasy za pomoci serveru Mapy.cz
Zdroj: Seznam.cz (2018)

Porovnání výsledků s výsledkem z ArcGIS už takovou přesnost nekonstatuje, jako v případě intravilánu. Síť v ArcGISu se zpožďuje o 10 – 15 minut oproti route plannerům (viz. Tab. č. 7). Nastavení hodnotím za pomalé, a proto byl vytvořen ještě dodatečný přezkum rychlosti pouze na základě route plannerů bez použití literatury.

Výpočet	Čas (min)
ArcGIS	70,04
mappy.cz	57
maps.google.com	52

Tab. č. 7: Výsledky měření v extravilánu
Zdroj: vlastní

6.2. Přezkum průjezdných rychlostí

Přezkum probíhal stejným způsobem, jako v případě stanovování rychlostí v ulicích měst (viz. Str. 25). Tento způsob se očividně osvědčil, protože stanovené rychlosti ve městech odpovídají route plannerů i terénnímu měření. Největší odchylky byly zaznamenány na silnicích druhé a třetí třídy. Ostatní komunikace žádné větší odchylky nevykazovaly a byly jim ponechány stávající hodnoty.

Aplikací průjezdných rychlostí spočtených na základě route plannerů v síti vyšla po použití funkce *New Route* na trase Jindřichův Hradec – České Velenice hodnota 63,8 minut. Tato hodnota se už blíží hodnotám, které spočítaly route plannery, ale i tak se pořád síť zpožďuje v rozmezí 5 – 10 minut.

Zjištění v pohraničních oblastech, kde analýza vyšla nad hranici 60 minut, vzneslo otázku, zda není v některých případech rychlejší, jet přes území jiného státu, s tím analýza nepočítala. Ke všem našim sousedům máme přístup bez zdržení na hranicích díky Schengenské smlouvě.

6.3. Síťová analýza

Síť fungovala správně a měla dobře nastavené jednosměrky. Neaktuální nastavení rychlostí přisuzuji literatuře, která vyšla před 10 lety a zabývala se rychlostmi, které jsou dnes již 17 let staré, z tohoto důvodu se síť zpomalovala na dlouhých trasách, ve městech však fungovala velmi dobře. Regiony vyznačené na mapách červenou barvou tedy nemusí být pod hranicí 60 minut od ordinace, každopádně zde do budoucna hrozí, při odchodu lékařů nad 65 let, zhoršená dostupnost ke kardiologovi.

Nepřesností v analýze jsou z velké části ty, že centroidy polygonové vrstvy obcí nejsou vždy v centru intravilánu, ale jsou vždy v centru polygonu. To znamená, že hodnoty, které byly pro obec spočítány, jsou počítány právě k tomuto centroidu. Tento centroid se v některých případech nachází daleko od zastavěného území obce. Hodnota, která je následně tomuto bodu přiřazena, je počítána od neblížší komunikace. Tato komunikace, ale může být v případě šumavských vesnic směrem od ordinace daleko za zastavěným územím obce a může znepřesnit výsledek. Za ideálních podmínek by tento centroid byl v centru města nebo na návsi menších vesnic, tato data však k dispozici nebyla a manuální úpravou, kdy počet obcí čítá 6258 kusů, by to také nešlo.

7. Závěr

Hlavním cílem této práce byla analýza dostupnosti zdravotních služeb na příkladu kardiologie. Tato analýza byla provedena za pomoci síťové analýzy v prostředí ArcGIS. Vedlejším výstupem práce je také testování nastavení průměrných rychlostí v síti, které byla věnována velká pozornost. Nastavení sítě probíhalo za pomoci odborné literatury, ale došlo i na terénní šetření i přezkum pomocí route plannerů.

Na základě analýzy lze konstatovat, že regiony se špatnou dostupností zdravotní péče se vyskytují pouze v pohraničních oblastech a to především na Šumavě, v Novohradských horách a na Znojemsku, kde žije až 0,14 % obyvatel na 0,89 % plochy území. Při zanedbání vedlejších pracovišť analýza ukázala, že do této skupiny lze zařadit i Broumovský výběžek. Podle nejnepříznivější varianty V4, která zahrnuje pouze hlavní pracoviště, kde pracuje alespoň jeden lékař mladší 65 let, se jedná o 0,27 % obyvatel na 1,11 % plochy území. Analýza rovněž ukázala, že minimálně 77,50 % z plochy území je 30 minut od nejbližší ordinace. Této dojezdové doby může dosáhnout 92,64 % obyvatel. Nejlepší situace je ve městech a v obcích ležících na hlavní silnici nebo v její bezprostřední blízkosti. Lehce zhoršenou časovou dostupností trpí vnitřní periferie a obecně příhraniční oblasti kromě Ostravska a Břeclavska. Nejhorší situace je v Jihočeském kraji, kde se podle varianty jedna nachází 75,87 % obyvatel trpící zhoršenou dostupností k nejbližší ordinaci.

Testování průjezdních rychlostí však ukázal, že průjezdní rychlosti v extravilánu nebyly ideálně nastaveny dle tradičních, použitých zdrojů a proto došlo k jejich následnému zpřesnění pomocí zmiňovaných route plannerů. Rychlosti v intravilánu vycházely z odborné literatury (Hudeček 2010), která se v tomto ohledu zdá být stále aktuální. Na druhou stranu v extravilánu bylo zjištěno na delších tratích zpoždování v řádech jednotek až desítek minut, v tomto ohledu je už literatura (Hudeček 2010) poněkud neaktuální. Zároveň zde chybí nová třída silnice, která vznikla novým legislativním předpisem na začátku roku 2016. Správné nastavení sítě v intravilánu potvrdil i sekundární přezkum a terénní šetření. V tomto ohledu by se dalo na tuto bakalářskou práci navázat a vytvořit tak přesnou funkční silniční síť, která by posloužila jako základ pro všechny síťové analýzy na území Česka.

Slabší stránkou práce je vymezení regionů, které podle analýzy nesplňují dojezdovou dobu 60 minut k ordinaci. Následné testování průjezdních rychlostí a výpočty route plannerů ukázaly, že dojezdová doba může být kratší a tím pádem obce mohou splnit legislativní normu. K odstranění této nepřesnosti by bezpochyby přispělo přesné nastavení sítě a zahrnutí silniční sítě našich sousedů v blízkosti hranic.

Po aplikaci aktualizovaných rychlostí bylo, na příkladu Jihočeského kraje zjištěno, že velká část obcí, která byla v původní analýze za hranicí 60 minut, se dostala pod tuto kritickou hranici. Diskuse také ukázala, že všechny pohraniční regiony jsou napojeny i na síť okolních států, kterou lze bez problémů využívat. Ukázalo se, že v některých případech může být využití sítě v sousedních státech rychlejší. Pro budoucí analýzy podobného typu bude vhodné zahrnout i síť sousedních států.

Analýza vytíženosti ordinací ukázala, že nejlepší situace je v Olomouci, kde připadá 5947,5 obyvatel na jednu ordinaci. Tato analýza může pomoci pojišťovně při přerozdělování pacientů na základě jejich spádového regionu nebo vytíženosti ordinací. Analýza nepracuje s daty lékařů, neřeší tedy vytíženost jednotlivých lékařů.

8. Literatura a zdroje dat

8.1. Literatura

BAYER, T. (2008): Algoritmy v digitální kartografii. Karolinum, Praha.

ČERNÝ, J. (2010): Základní grafové algoritmy. Skripta MFF UK, Praha.

DAVIDOVÁ, O. (2012): Globalizace a zdraví - dostupnost zdravotní péče u dětí cizinců v České republice. Diplomová práce, Katedra veřejné a sociální politiky, FSV, UK, Praha.

DOS ANJOS LUIS, A., CABRAL, P. (2016): Geographic accessibility to primary healthcare centers in Mozambique. *International Journal for Equity in Health*, 15, 1, 1-13.

HOYLE, B., KNOWLES, R. (2001): *MODERN Transport Geography*. John Wiley & Sons, Gainesville.

HUDEČEK, T. (2008): Model časové dostupnosti individuální automobilovou dopravou. *Geografie*, 113, 2, 140–153.

HUDEČEK, T. (2010): Dostupnost v Česku v období 1991-2001: Vztah k dojížděcí do zaměstnání a do škol. ČGS, Praha.

HŮRSKÝ, J. (1974): Klasifikace měst ČSR podle polohy v dopravních sítích. *Sborník ČSSZ* 79, 2, 101–107.

HŮRSKÝ, J. (1978): Regionalizace České socialistické republiky na základě spádu osobní dopravy. *Studia Geographica* 59, GÚ ČSAV, Brno.

JAMTSHO, S., CORNER, R., DEWAN, A. (2015): Spatio-Temporal Analysis of Spatial Accessibility to Primary Health Care in Bhutan. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4, 3, 1584-1604.

KIM, Y., BYON, Y.-J., YEO, H. (2018): Enhancing healthcare accessibility measurements using GIS: A case study in Seoul, Korea. *Plos One*, 2, 13, 1–19.

KNOWLES, R. (1993): Research agendas in transport geography for the 1990s. *Journal of Transport Geography*. 1, 1, 3-11.

KROCZEK, T. (2016): Vliv počasí a ročního období na dopravní dostupnost v horských oblastech. Bakalářská práce, Katedra sociální geografie a regionálního rozvoje, PřF, UK, Praha.

MIRVALD, S. (1993): *Geografie dopravy I*. Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň.

Nařízení vlády č. 307/2012 Sb. ze dne 29. 8. 2012 O místní a časové dostupnosti zdravotních služeb.

- NOVÁK, M. (2015): Dostupnost zdravotní péče v ČR v závislosti na geodemografických charakteristikách obyvatelstva. Disertační práce, Katedra demografie a geodemografie, PřF, UK, Praha.
- RAPANT, P. (2002): Úvod Do Geografických Informačních Systémů. Ostrava, HGF VŠB-TU, Ostrava.
- SAIKIA, S., GOGOI, B. (2017): GIS based accessibility analysis?: a study on health care services in Jorhat district of Assam. *The Clarion*, 1, 6, 83–91.
- ŠEDA, M. (2003): Teorie grafů. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta Strojního inženýrství, Ústav automatizace a informatiky, Brno.
- ŠIDLO, L., NOVÁK, M., ŠTYCH, P., BURCIN, B. (2017a): K otázce hodnocení dostupnosti zdravotní péče v České republice. *Časopis Lékařů Českých*, 43–50.
- ŠIDLO, L., NOVÁK, M., ŠTYCH, P., BURCIN, B. (2017b): Hodnocení a modelování dostupnosti primární zdravotní péče jako klíčového aspektu zdravotní péče v ČR, <https://www.natur.cuni.cz/geografie/demografie-a-geodemografie/veda-a-vyzkum/vybrane-projekty/hodnoceni-a-modelovani-dostupnosti-primarni-zdravotni-pece-jako-klicoveho-aspektu-zdravotni-pece-v-cr/souhrnna-studie.pdf> (20. 4. 2017).
- URSULICA, T. E. (2016): The Relationship between Health Care Needs and Accessibility to Health Care Services in Botosani County - Romania. *Procedia Environmental Sciences*, 32, 300–310.
- ÚZIS (2017): Zemřelí 2016. Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR, Praha.
- VANĚK, D. (2014): Analýza dostupnosti zdravotní péče v Česku. Bakalářská práce, Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, PřF, UK, Praha.
- VOŽENÍLEK, V. (2001): Aplikovaná kartografie I – tematické mapy. 2. přepracované vydání. Vydavatelství UP, Olomouc.
- ZSOLT, P. (2012): Analýza dostupnosti a optimalizace výjezdových stanovišť záchranné služby v ČR pomocí nástrojů GIS. Bakalářská práce, Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, PřF, UK, Praha.

8.2. Internetové zdroje

Google, Inc. (2018): Google Maps, <https://maps.google.com> (21. 4. 2018).

HORDĚJČUK, V. (2011): Algoritmus Dijkstra, www.voho.eu/wiki/algoritmus-dijkstra/ (15. 3. 2018).

HOLČÍK, J., KOMENDA, M. (2015): Matematická biologie: e-learningova učebnice, <http://portal.matematickabiologie.cz>, Brno. (21. 2. 2018).

MAGAZÍN PORTISCIO (2014): Teorie grafů, <http://www.portiscio.net/wp-content/uploads/2010/11/teorie-grafu-ukazka-grafu8.gif.scaled1000.gif> (20. 2. 2018).

ŘSD (2016): Celostátní sčítání dopravy 2016, Sčítání dopravy 2016, <http://scitani2016.rsd.cz> (4. 4. 2018).

SEZNAM.CZ A.S. (2018): Mapy.cz, <https://mapy.cz> (21. 4. 2018).

ŠIDLO, L., NOVÁK, M., ŠTYCH, P., BURCIN, B. (2018): Analýza čerpání a poskytování vybraných zdravotních ambulantních služeb v Česku v závislosti na geodemografických charakteristikách pacientů i poskytovatelů, <https://www.natur.cuni.cz/geografie/demografie-a-geodemografie/veda-a-vyzkum/projekty-granty/aktualne-resene-projekty-a-granty/analiza-cerpani-a-poskytovani-vybranych-zdravotnich-ambulantnich-sluzeb-v-cesku-v-zavislosti-na-geodemografickych-charakteristikach-pacientu-i-poskytovatelu> (4. 5. 2018).

8.3. Zdroje dat

ARCDATA (2017): ArcČR500 v3.3, <https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-500> (25. 4. 2017).

ČÚZK (2018): RÚIAN Ověření adresy, <https://vdp.cuzk.cz/vdp/ruian/overeniadresy/vyhledej> (11. 3. 2018).

OpenStreetMap (2017): Silniční síť Česka, <https://www.openstreetmap.org/> (20. 12. 2017).

OpenStreetMap (2018): Topographic Basemap, https://services.arcgisonline.com/ArcGIS/rest/services/Specialty/DeLorme_World_Base_Map/MapServer (4. 1. 2018).

VZP ČR (2017): Seznam kardiologických ordinací ke dni 31. 12. 2017, (12. 2. 2018).

9. Přílohy

Příloha č. 1: Příloha č. 1 k nařízení vlády č. 307/2012 Sb.

skupina	dojezdová doba (v minutách)	Obor nebo služba
1	35	všeobecné praktické lékařství praktické lékařství pro děti a dorost gynekologie a porodnictví zubní lékař lékárna
2	45	diabetologie chirurgie urologie oftalmologie otorinolaryngologie ortopedie radiologie a zobrazovací metody (jen ultrazvukové a rentgenové a skiagrafické vyšetření) rehabilitační a fyzikální medicína fyzioterapie urologie vnitřní lékařství
3	60	gastroenterologie kardiologie pneumologie a ftizeologie hematologie a transfúzní lékařství revmatologie hemodialýza psychiatrie psychologie logopedie dermatovenerologie
4	90	alergologie a klinická imunologie angiologie endokrinologie nefrologie klinická onkologie dětská chirurgie dětská a dorostová psychiatrie dětská neurologie ortodoncie počítačová tomografie
5	120	dětská gynekologie foniatrie a audiologie radiační onkologie magnetická rezonance nukleární medicína kardiochirurgie neurochirurgie cévní chirurgie infekční lékařství lékařská genetika plastická chirurgie geriatrie sexuologie

Príloha č. 2: Měření průměrných rychlostí na silničních sjezdech

Komunikace	Vzdálenost (m)	Rychlost (km/h)	Směr
Dálnice D4	240	62,38	Sjezd
Dálnice D4	194	60,15	Nájezd
Dálnice D4	186	45,10	Nájezd
Dálnice D4	254	52,30	Sjezd
Dálnice D4	227	56,29	Sjezd
Dálnice D4	231	49,25	Nájezd
Dálnice D4	247	50,23	Nájezd
Dálnice D4	233	56,25	Sjezd
Dálnice D4	308	64,12	Sjezd
Dálnice D4	398	62,40	Nájezd
Dálnice D4	322	58,69	Sjezd
Dálnice D4	214	61,29	Nájezd
Dálnice D4	357	60,02	Sjezd
Dálnice D4	366	62,41	Nájezd
Dálnice D4	341	59,67	Sjezd
Dálnice D4	402	45,30	Nájezd
Dálnice D4	298	41,23	Sjezd
Dálnice D3	365	62,12	Nájezd
Dálnice D3	345	63,84	Sjezd
Dálnice D3	287	45,36	Sjezd
Dálnice D3	251	51,23	Nájezd
Dálnice D3	412	60,24	Nájezd
Dálnice D3	401	58,42	Sjezd
SMV 20	256	39,87	Sjezd
SMV 20	241	43,25	Nájezd
SMV 20	360	51,21	Sjezd
SMV 20	421	45,25	Nájezd
SMV 20	325	43,34	Sjezd
SMV 20	245	48,25	Nájezd
SMV 20	264	51,20	Sjezd
SMV 20	310	46,08	Nájezd
SMV 20	295	42,52	Sjezd
SMV 20	277	45,33	Nájezd
SMV 20	227	51,90	Sjezd
I/20	213	41,36	Nájezd
I/20	178	40,36	Sjezd
I/20	251	44,17	Nájezd
I/20	174	37,25	Sjezd
I/20	254	44,61	Nájezd
I/20	199	43,62	Sjezd
I/20	214	36,36	Nájezd
I/20	243	44,52	Sjezd
I/20	210	43,04	Nájezd

Komunikace	Vzdálenost (m)	Rychlost (km/h)	Směr
I/20	200	36,58	Sjezd
I/20	194	31,54	Nájezd
I/20	175	39,03	Sjezd
I/20	169	34,20	Nájezd
I/20	203	34,12	Sjezd
I/20	255	29,25	Nájezd
I/20	198	31,42	Sjezd
I/4	178	30,62	Nájezd
I/4	159	29,10	Sjezd
I/4	164	39,25	Nájezd
I/4	231	35,21	Sjezd
I/4	222	42,57	Nájezd
I/4	178	38,77	Sjezd
I/4	298	35,01	Nájezd
I/4	254	36,20	Sjezd

Komunikace	Průměrná rychlost (km/h)	Počet měření
Dálnice	56,01	23
SMV	46,20	11
Silnice I. třídy	37,42	24

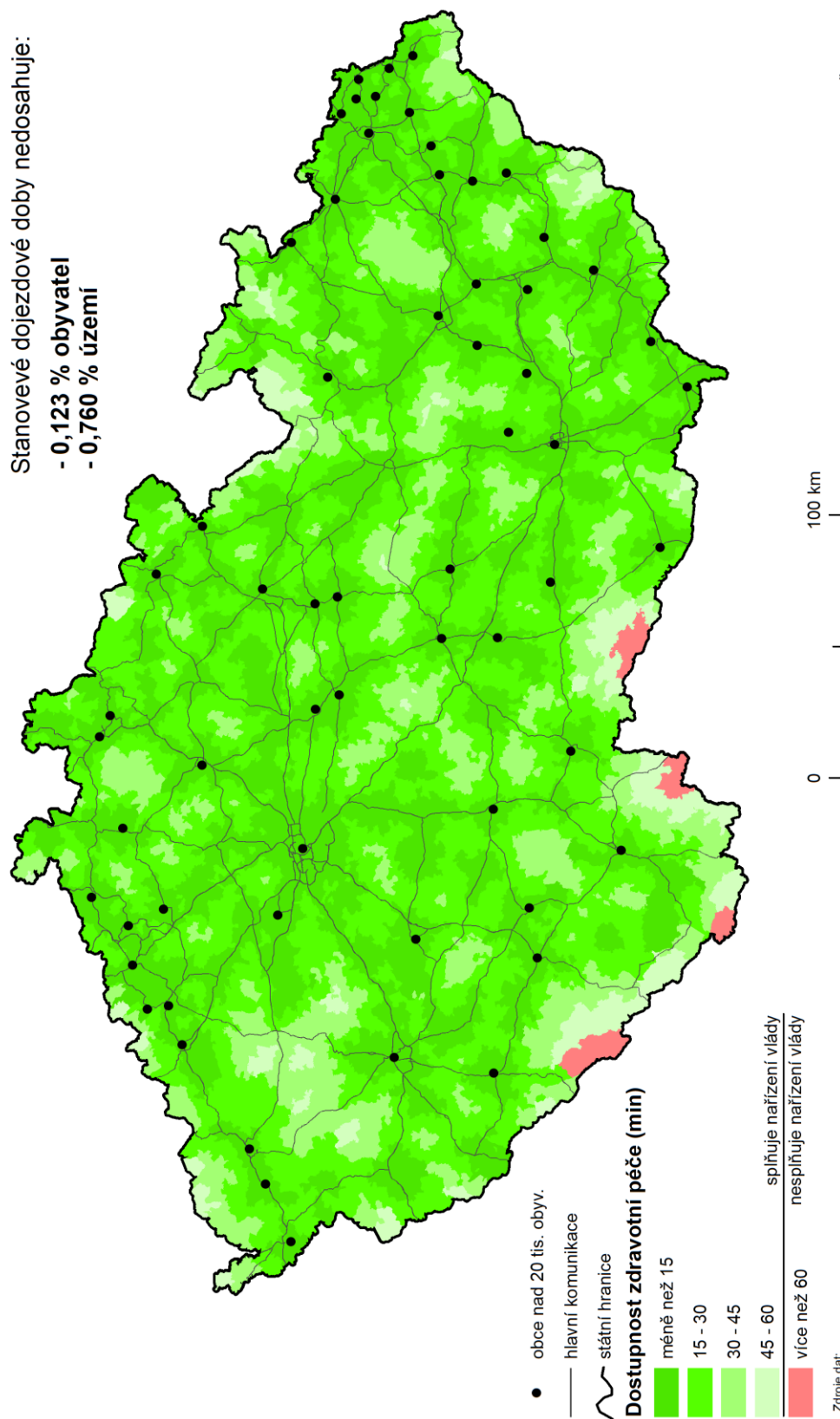
DOSTUPNOST ZDRAVOTNÍ PÉČE - KARDIOLOGIE

v roce 2017 při započítání všech pracovišť

Stanovové dojezdové doby nedosahuje:

- 0,123 % obyvatel

- 0,760 % území



Zdroje dat:
ARCDATA (2017): ArcCR600 v3.3. <https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-500> (25. 4. 2017).
OpenStreetMap (2017): Silniční síť Česka. <https://www.openstreetmap.org/> (20. 12. 2017).
VZP (2017): Seznam kardiologických ordinací. Stav ke dni 31. 12. 2017

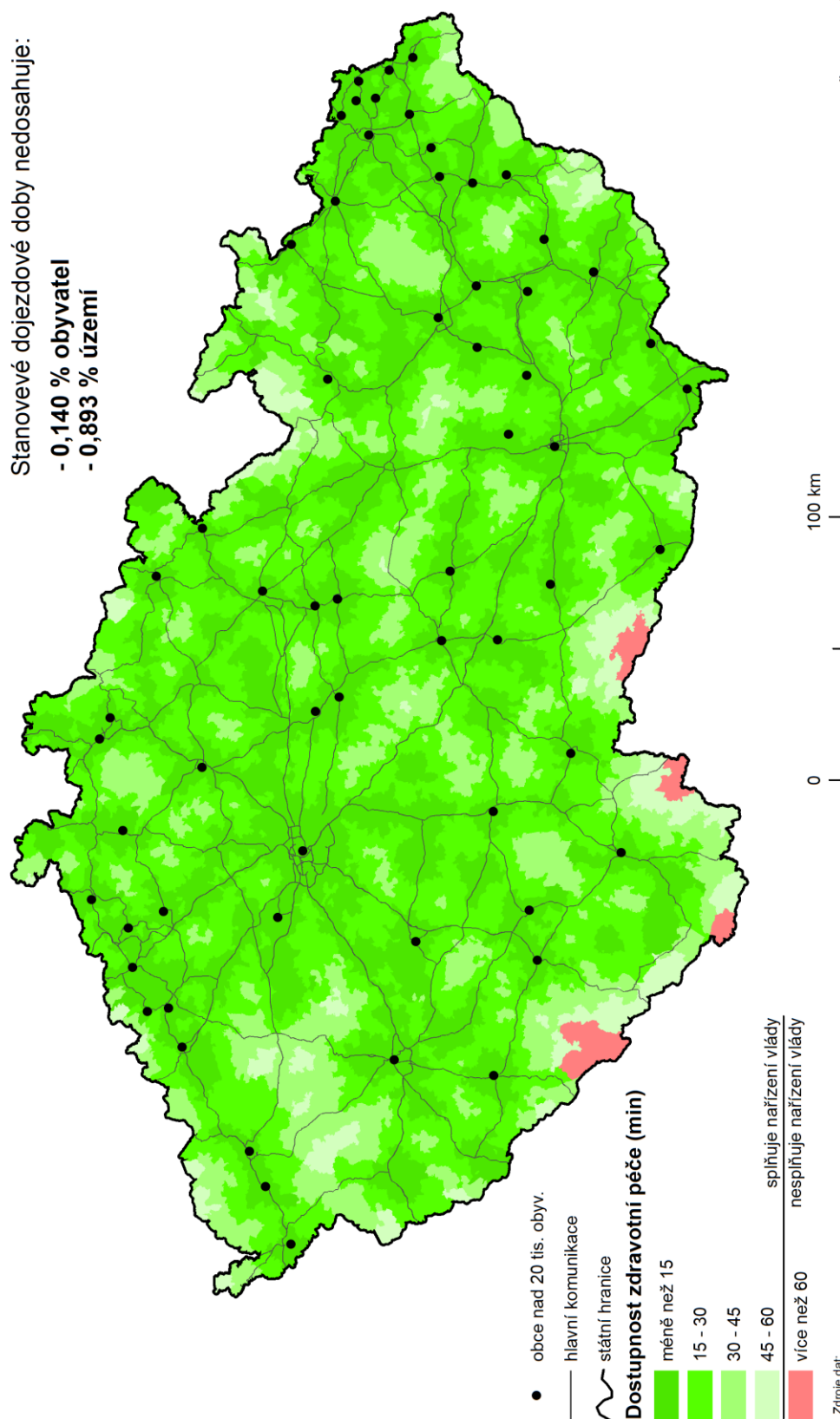
David ČERNÍKÝ
Písek 2018

DOSTUPNOST ZDRAVOTNÍ PÉČE - KARDIOLOGIE

v roce 2017 při započítání všech pracovišť bez lékařů nad 65 let

Stanovové dojezdové doby nedosahují:

- 0,140 % obyvatel
- 0,893 % území



Zdroje dat:
ARCdata (2017): ArcR500 v3.3, <https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-500> (25. 4. 2017).
OpenStreetMap (2017): Sliniční síť Česka, <https://www.openstreetmap.org/> (20. 12. 2017).
VZP (2017): Seznam kardiologických ordinací. Stav ke dni 31. 12. 2017

David ČERNÍČKÝ
Přísek 2018

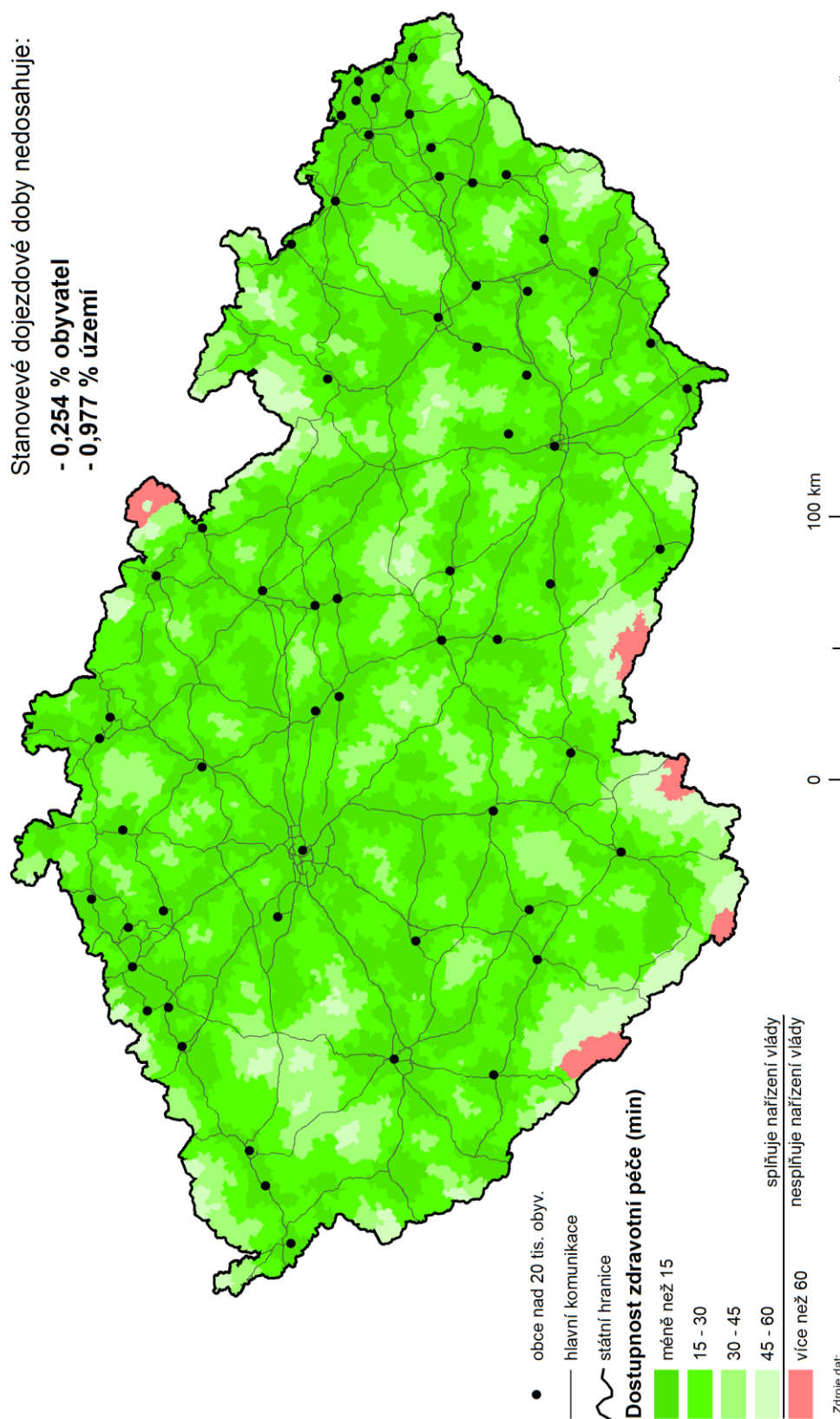
DOSTUPNOST ZDRAVOTNÍ PÉČE - KARDIOLOGIE

v roce 2017 při započítání hlavních pracovišť

Stanovové dojezdové doby nedosahuje:

- 0,254 % obyvatel

- 0,977 % území



Zdroje dat:
ARCdata (2017): ArcCR500 v3.3. <https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arc-cr-500> (25. 4. 2017).
OpenStreetMap (2017): Silniční síť Česka. <https://www.openstreetmap.org/> (20. 12. 2017).
VZP (2017): Seznam kardiologických ordinací. Stav ke dni 31. 12. 2017

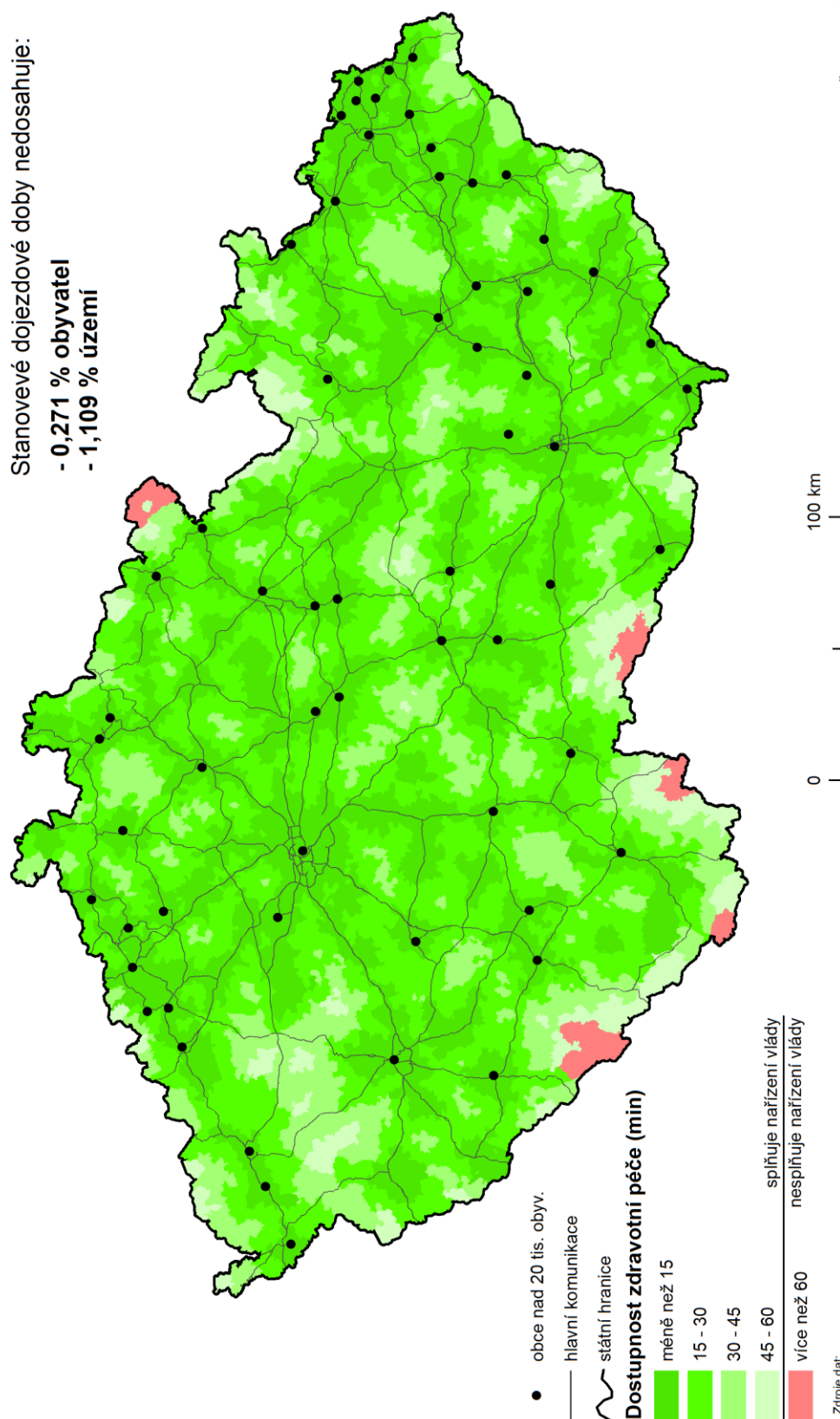
David ČERNICKÝ
Písek 2018

DOSTUPNOST ZDRAVOTNÍ PÉČE - KARDIOLOGIE

v roce 2017 při započítání hlavních pracovišť bez lékařů nad 65 let

Stanovové dojezdové doby nedosahují:

- 0,271 % obyvatel
- 1,109 % území



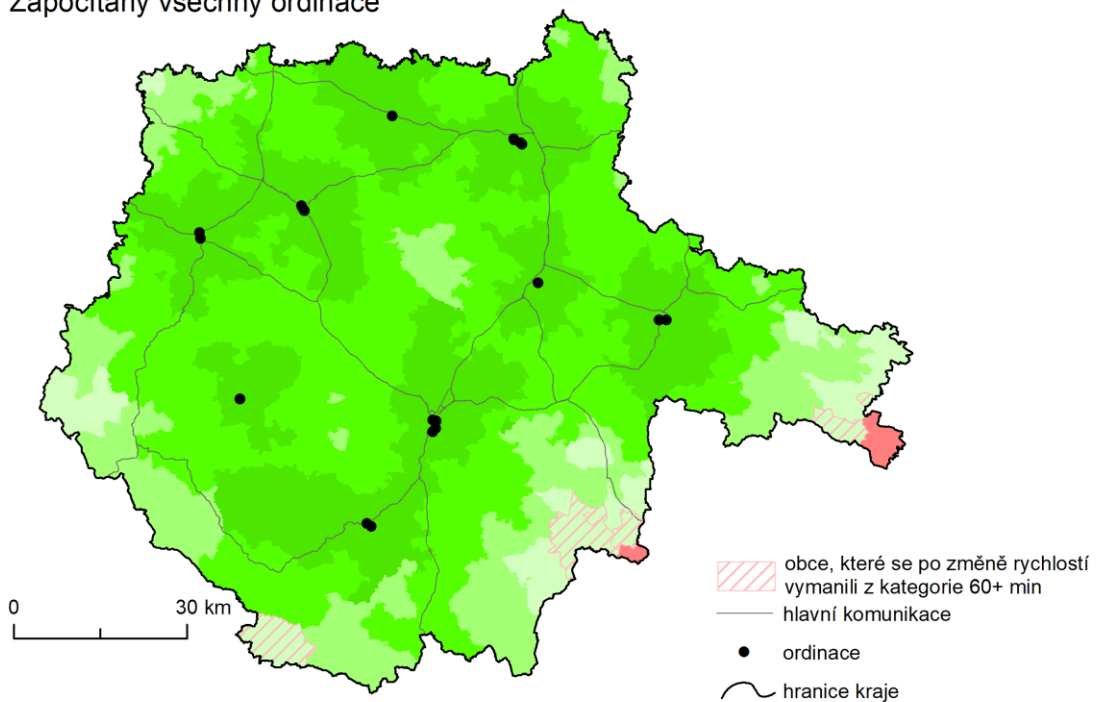
Zdroje dat:
ARCdata (2017): ArcR500 v3.3, <https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-500> (25. 4. 2017).
OpenStreetMap (2017): Sliniční síť Česka, <https://www.openstreetmap.org/> (20. 12. 2017).
VZP (2017): Seznam kardiologických ordinací. Stav ke dni 31. 12. 2017

David ČERNÍČKÝ
Přísek 2018

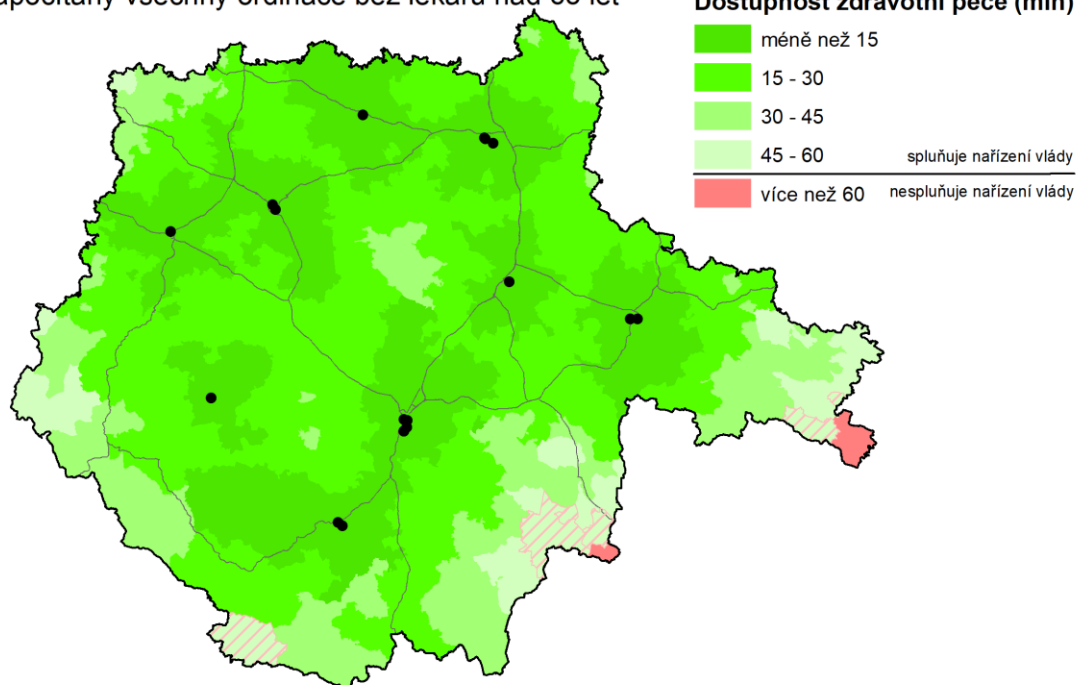
DOSTUPNOST ZDRAVOTNÍ PÉČE - KARDIOLOGIE

v roce 2017 v Jihočeském kraji při změně průjezdních rychlostí

Započítány všechny ordinace



Započítány všechny ordinace bez lékařů nad 65 let



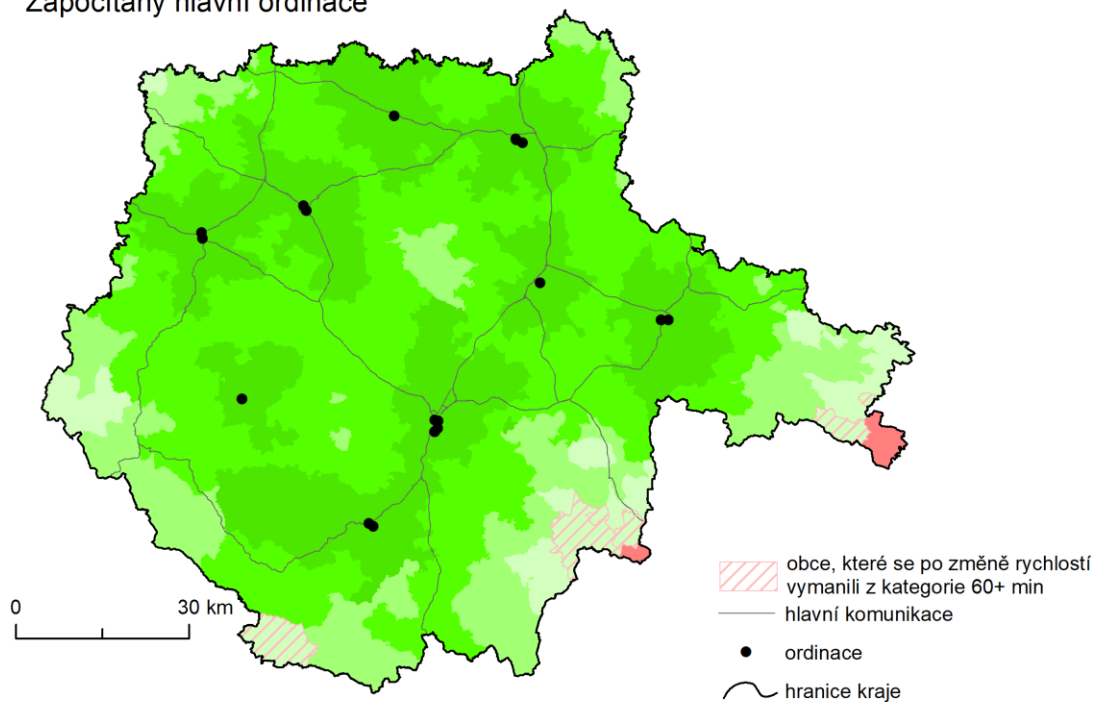
Zdroje dat:
ARCDATA (2017): ArcCR500 v3.3, <https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arc-cr-500> (25. 4. 2017).
OpenStreetMap (2018): Silniční síť Česka, <https://www.openstreetmap.org/> (20. 12. 2017).
VZP (2017): Seznam kardiologických ordinací. Stav ke dni 31. 12. 2017

David ČERNICKÝ
Písek 2018

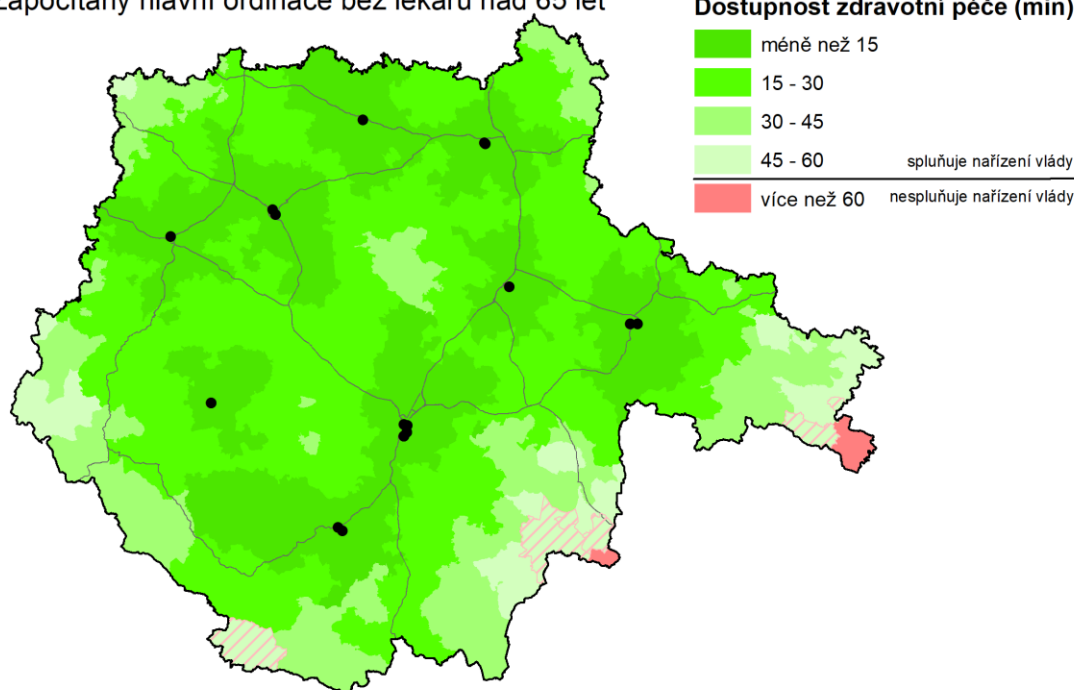
DOSTUPNOST ZDRAVOTNÍ PÉČE - KARDIOLOGIE

v roce 2017 v Jihočeském kraji při změně průjezdních rychlostí

Započítány hlavní ordinace



Započítány hlavní ordinace bez lékařů nad 65 let



Zdroje dat:
 ARCDATA (2017): ArcCR500 v3.3, <https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arc-cr-500> (25. 4. 2017).
 OpenStreetMap (2018): Silniční síť Česka, <https://www.openstreetmap.org/> (20. 12. 2017).
 VZP (2017): Seznam kardiologických ordinací. Stav ke dni 31. 12. 2017

David ČERNICKÝ
 Písek 2018

VYTÍŽENOST KARDIOLOGICKÝCH ORDINACÍ

v roce 2017 při započítání všech pracovišť

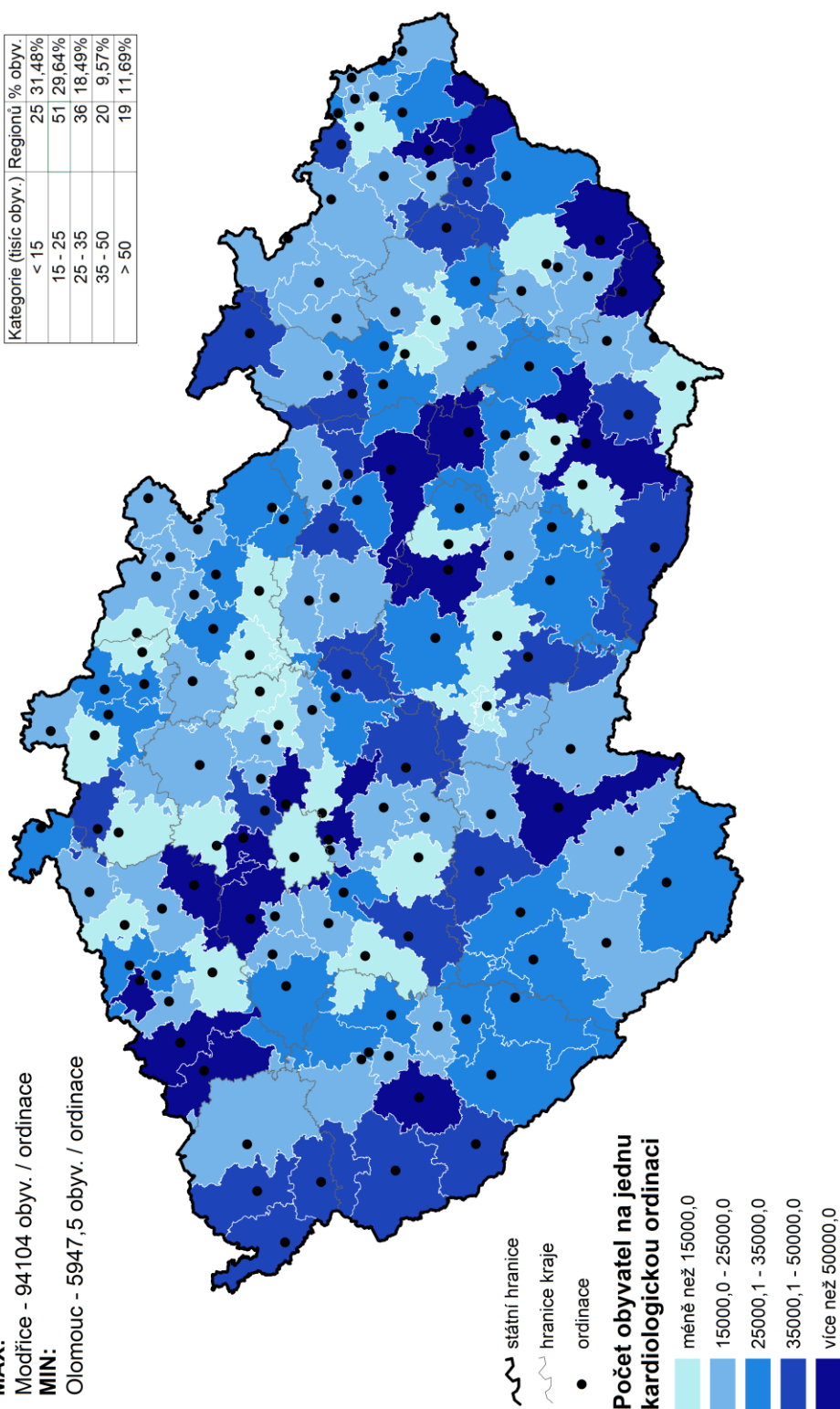
MAX:

Modřice - 94104 obyv. / ordinace

MIN:

Olomouc - 5947,5 obyv. / ordinace

Kategorie (tisíc obyv.)	Regionální % obyv.
< 15	25 31,48%
15 - 25	51 29,64%
25 - 35	36 18,49%
35 - 50	20 9,57%
> 50	19 11,69%



0 100 km

Zdroje dat:
ARCDATA (2017): ArcCR000 v3.3. <https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-500> (25. 4. 2017).
OpenStreetMap (2017): Silniční síť Česka. <https://www.openstreetmap.org/> (20. 12. 2017).
VZP (2017): Seznam kardiologických ordinací. Stav ke dni 31. 12. 2017

David ČERNICKÝ
Písek 2018

VYTÍŽENOST KARDIOLOGICKÝCH ORDINACÍ v roce 2017 při započítání hlavních pracovišť bez lékařů nad 65 let

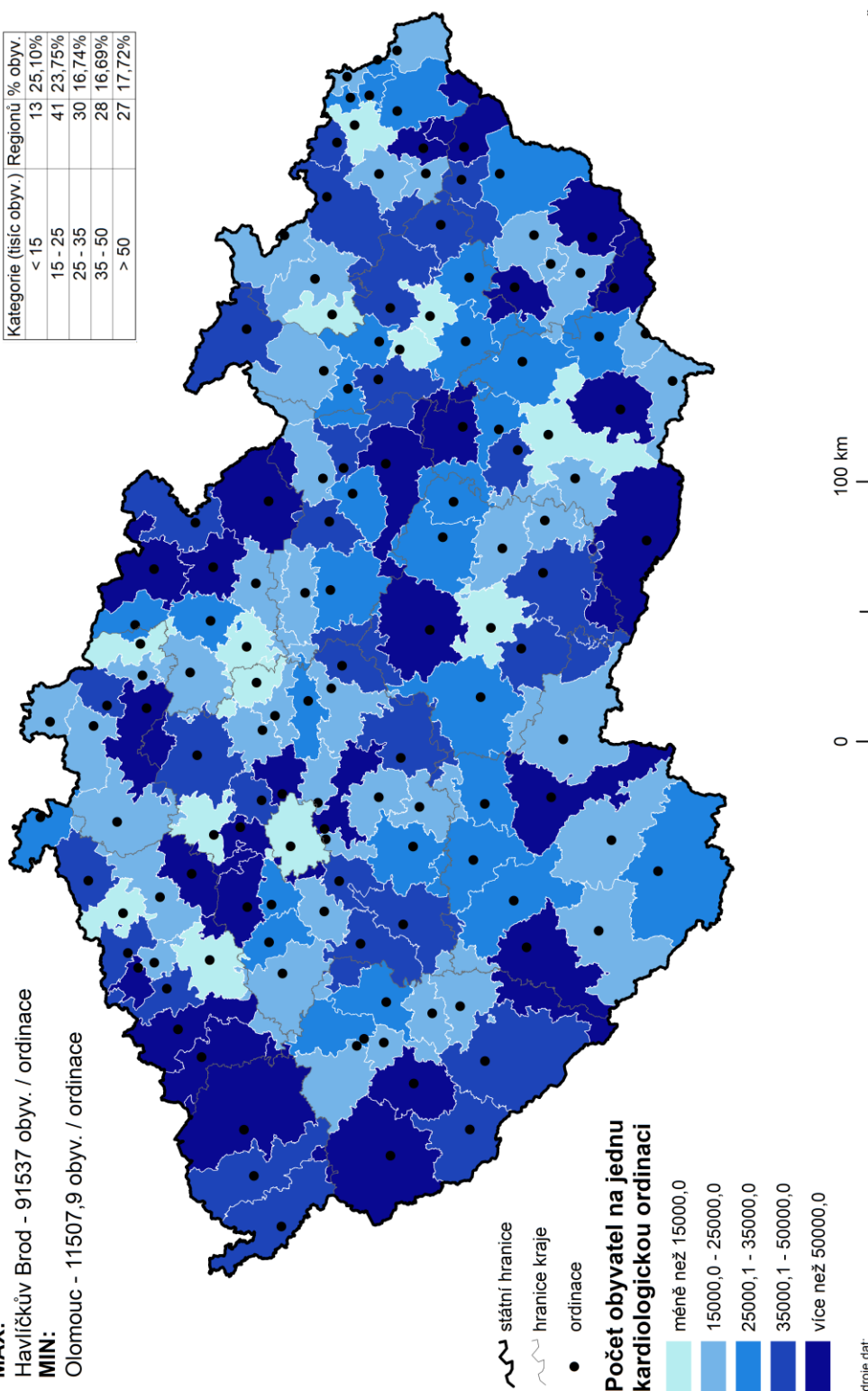
MAX:

Havlíčkův Brod - 91537 obyv. / ordinace

MIN:

Olomouc - 11507,9 obyv. / ordinace

Kategorie (tisíc obyv.)	Regionů	% obyv.
< 15	13	25,10%
15 - 25	41	23,75%
25 - 35	30	16,74%
35 - 50	28	16,69%
> 50	27	17,72%



Zdroje dat:
ARCDATA (2017): ArcCR000 v3.3, <https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-500> (25. 4. 2017).
OpenStreetMap (2017): Silniční síť Česka, <https://www.openstreetmap.org/> (20. 12. 2017).
VZP (2017): Seznam kardiologických ordinací. Stav ke dni 31. 12. 2017

David ČERNICKÝ
Písek 2018

Príloha č. 11: Python script pro automatizaci tvorby

```
# -*- coding: utf-8 -*-
import arcpy
import sys
import os
arcpy.env.overwriteOutput = 1

def hlavni(args):
    kontrola(args)
    analyza(args)

def analyza(args):
    seznam = arcpy.ListFeatureClasses("", "Point")
    i = 1
    cesta = os.path.dirname(args[4])

    for fc in seznam:
        fc = arcpy.FeatureSet(fc)
        arcpy.env.workspace = cesta
        vystup = args[4] + "_" + str(i)
        arcpy.na.GenerateServiceAreas(fc, "15 30 45 60 1000", "Minutes", args[1], vystup,
"TRAVEL_TO", "", "ALLOW_UTURNS", "", "", "", "", "", "", "", "", "5000", "", "", "MERGE",
"RINGS", "SIMPLE_POLYS", "1000", "", "", "", "", "", "", "", "", "", "", "", "", "", args[5])
        arcpy.SpatialJoin_analysis(args[2], vystup + ".shp", vystup + "x", "", "", "", "CLOSEST")
        arcpy.SpatialJoin_analysis(args[3], vystup + "x.shp", vystup)
        arcpy.Delete_management(vystup + "x")
        arcpy.Delete_management(vystup + "x.shp")
        arcpy.env.workspace = args[0]
        i = i+1

def kontrola (args):
    if len(args) < 6:
        print "Nedostatek povinných argumentů"
        exit (1)
    if arcpy.Exists(args[0]) == False:
        print "Složka " + args[0] + " neexistuje."
        exit(1)
    if arcpy.Exists(args[1]) == False:
        print "Dataset " + args[1] + " neexistuje."
        exit(1)
    if arcpy.Exists(args[2]) == False:
        print "Soubor " + args[2] + " neexistuje."
        exit(1)
    if arcpy.Exists(args[3]) == False:
        print "Soubor " + args[3] + " neexistuje."
        exit(1)
    if ":" in args[4]:
        cesta = os.path.dirname(args[4])
        if arcpy.Exists(cesta) == False:
            print "Složka " + cesta + " neexistuje."
            exit(1)

    arcpy.env.workspace = args[0]

hlavni(sys.argv[1:])
```